



TUGAS AKHIR - TF 091381

**ANALISA *RELIABILITY, SAFETY* DAN *RISK*
MANAGEMENT PADA SISTEM
PENGENDALIAN SEPARATOR V-100 DI JOB
PERTAMINA - PETROCHINA EAST JAVA**

Anggraini Eka Prasnandia
NRP 2411100 049

Dosen Pembimbing
Ir. Ya'umar, MT.

JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2014



FINAL PROJECT TF091381

***RELIABILITY, SAFETY AND RISK
MANAGEMENT ANALYSIS ON SYSTEM
CONTROL SEPARATOR V-100 IN JOB
PERTAMINA-PETROCHINA EAST JAVA***

**Anggraini Eka Prasnandia
NRP 2411100 049**

**Supervisor
Ir. Ya'umar, MT.**

**DEPARTEMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institut Of Technology
Surabaya 2014**

LEMBAR PENGESAHAN

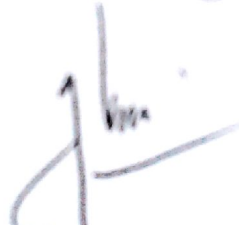
ANALISA *RELIABILITY*, *SAFETY* DAN *RISK MANAGEMENT* PADA SISTEM PENGENDALIAN SEPARATOR V-100 DI JOB PERTAMINA- PETROCHINA EAST JAVA

Oleh:

Anggraini Eka Prasnandia
NRP. 2411 100 049

Surabaya, 23 Januari 2015
Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing



Ir. Valumar, MT.
NIP. 19540406 198103 1 003

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS



Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIP. 19650309 199002 1 001

**ANALISA RELIABILITY, SAFETY DAN RISK
MANAGEMENT PADA SISTEM PENGENDALIAN
SEPARATOR V-100 DI JOB PERTAMINA -
PETROCHINA EAST JAVA**

TUGAS AKHIR





Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ANGGRAINI EKA PRASNANDIA

NRP. 2411 100 049

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- | | | |
|---------------------------------|--|---------------|
| 1. Ir. Ya'umar, MT |  | Pembimbing |
| 2. Hendra Cordova, S.T, MT |  | Ketua Penguji |
| 3. Dr. Ir. Purwadi Agus D, M.Sc |  | Penguji I |
| 4. Bagus Tris Atmaja, S.T, M.Sc |  | Penguji II |

**SURABAYA
Januari 2015**

RELIABILITY, SAFETY AND RISK MANAGEMENT ANALYSIS ON SYSTEM CONTROL SEPARATOR V-100 IN JOB PERTAMINA-PETROCHINA EAST JAVA

Name : Anggraini Eka Prasnandia
NRP : 2411 100 049
Major : Engineering Physics FTI - ITS
Supervisor : Ir. Ya'umar, MT

Abstract

Separator is a pressure vessel that is used to separate the fluid mixture based on differences in density. Over 12 years Separator V - 100 units in operation , they often experience some problems of the failure of the oil and gas production that will affect the performance of the unit Separator V-100 . Therefore, the performance evaluation is required of the unit Separator V - 100 with the research conducted to analyze the reliability , safety and risk management of each of the components of the unit Separator V-100 . From the evaluation results obtained value of the lowest reliability is owned by 102 LCV components of 0.04791 for 8760 hours. For safety level control system components Separator V - 100 is at SIL 1. Based on the reference limit value of reliability to do preventive maintenance of 0.8 , the components of the LT 101 has a minimum of preventive maintenance time low of 110 hours .

Keywords: Separator, Reliability and Safety

ANALISA *RELIABILITY*, *SAFETY*, DAN *RISK* MANAGEMENT PADA SISTEM PENGENDALIAN SEPARATOR V-100 DI JOB PERTAMINA - PETROCHINA EAST JAVA

NamaMahasiswa : Anggraini Eka Prasnandia
NRP : 2411100049
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS Surabaya
Pembimbing : Ir. Ya'umar, MT

Abstrak

Separator adalah bejana tekanan yang digunakan untuk memisahkan campuran fluida berdasarkan perbedaan densitasnya. Selama 12 tahun unit Separator V-100 beroperasi, masih sering mengalami beberapa permasalahan yaitu kegagalan melakukan produksi minyak dan gas yang akan mempengaruhi kinerja unit Separator V-100. Oleh sebab diperlukan evaluasi kinerja dari unit Separator V-100 dengan dilakukan penelitian untuk dianalisa reliability, safety dan risk management dari setiap komponen-komponen unit Separator V-100. Dari hasil evaluasi didapatkan nilai reliability terendah dimiliki oleh komponen LCV 102 sebesar 0,04791 selama 8760 jam. Untuk tingkat safety komponen sistem pengendalian Separator V-100 berada pada SIL 1. Berdasarkan batas acuan nilai reliability untuk dilakukan preventive maintenance sebesar 0,8 maka komponen LT 101 memiliki waktu minimal preventive maintenance yang paling rendah, yaitu 110 jam.

Kata Kunci : Separator, Reliability dan Safety

RELIABILITY, SAFETY AND RISK MANAGEMENT ANALYSIS ON SYSTEM CONTROL SEPARATOR V-100 IN JOB PERTAMINA-PETROCHINA EAST JAVA

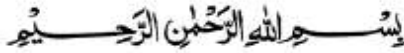
Name : Anggraini Eka Prasnandia
NRP : 2411 100 049
Major : Engineering Physics FTI - ITS
Supervisor : Ir. Ya'umar, MT

Abstract

Separator is a pressure vessel that is used to separate the fluid mixture based on differences in density. Over 12 years Separator V - 100 units in operation , they often experience some problems of the failure of the oil and gas production that will affect the performance of the unit Separator V-100 . Therefore, the performance evaluation is required of the unit Separator V - 100 with the research conducted to analyze the reliability , safety and risk management of each of the components of the unit Separator V-100 . From the evaluation results obtained value of the lowest reliability is owned by 102 LCV components of 0.04791 for 8760 hours. For safety level control system components Separator V - 100 is at SIL 1. Based on the reference limit value of reliability to do preventive maintenance of 0.8 , the components of the LT 101 has a minimum of preventive maintenance time low of 110 hours .

Keywords: Separator, Reliability and Safety

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan berkahnya yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Analisa Reliability, Safety dan Risk Management Pada Sistem Pengendalian Separator V-100 Di Job Pertamina-Petrochina East Java-Tuban”**.

Tugas akhir ini merupakan persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam Program S-1 Teknik Fisika FTI-ITS. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan segala hidayahnya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Kedua orang tua dan saudara yang selama ini memberi dukungan, baik moril maupun materil.
3. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika.
4. Bapak Ir. Ya'umar, MT selaku dosen pembimbing tugas akhir.
5. Bapak Ir. Tutug Dhanardono, MT selaku Kasie Tugas Akhir Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.
6. Bapak Yudha Hadiyat, Bapak Iman Hermansyah dan Bapak Hasanudin selaku pembimbing selama pengambilan data di JOB Pertamina-Petrochina East Java-Tuban.
7. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberikan ilmu selama kuliah.

8. Teman-teman seperjuangan angkatan Teknik Fisika 2011 dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa karya yang sempurna hanya ada pada Allah SWT. Oleh sebab itu, penulis sangat berterimakasih atas segala masukan, kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar laporan ini menjadi lebih baik dari sebelumnya. Demikian laporan ini penulis buat, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat selain bagi penulis sendiri, dan bagi pembaca sekalian.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Surabaya, 23 Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Materi	2
1.4 Batasan Permasalahan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Separator</i>	3
2.2 <i>Reliability</i> (Keandalan)	4
2.3 Fungsi Laju Kegagalan	5
2.4 Distribusi Laju Kegagalan	7
2.5 <i>Maintainability</i>	10
2.6 <i>Availability</i> (Ketersediaan)	12
2.7 <i>Maintenance</i> (Perawatan)	12
2.7.1 Tujuan Kegiatan <i>Maintenance</i>	12
2.7.2 Pelaksanaan Perawatan	13
2.7.3 <i>Preventive Maintenance</i>	13
2.8 <i>Safety Integrity Level</i> (SIL)	15
2.9 Manajemen Resiko	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Peninjauan Lapangan dan Studi Literatur	22
3.2 Pengambilan Data	22
3.3 Analisa Data	22
3.3.1 Analisa Keandalan	22

3.3.2	Analisa Keamanan	26
3.3.3	Evaluasi Manajemen Resiko	27
BAB IV	PEMBAHASAN	29
4.1	Hasil Identifikasi Komponen	29
4.2	Analisis Kuantitatif	29
4.2.1	Analisis Kuantitatif LT 101	29
4.2.2	Analisis Kuantitatif LIC 101	34
4.2.3	Analisis Kuantitatif LCV 101	39
4.2.4	Analisis Kuantitatif LT 102	44
4.2.5	Analisis Kuantitatif LIC 102	49
4.2.6	Analisis Kuantitatif LCV 102	54
4.2.7	Analisis Kuantitatif PT 151	59
4.2.8	Analisis Kuantitatif PIC 151	64
4.2.9	Analisis Kuantitatif PCV 151	69
4.3	Analisa Keamanan	74
4.4	Analisis Manajemen Resiko	76
4.4.1	Penentuan <i>Likelihood</i> Resiko	76
4.4.2	Penentuan Konsekuensi Resiko	78
4.5	Hubungan Antara <i>Reliability</i> dan <i>Safety</i>	81
4.6	Validasi <i>Reliability</i>	82
BAB V	PENUTUP	85
5.1	Kesimpulan	85
5.2	Saran	86
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN A		
LAMPIRAN B		
LAMPIRAN C		
LAMPIRAN D		
LAMPIRAN E		
LAMPIRAN F		
LAMPIRAN G		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	<i>Separator</i> Tiga Fasa	3
Gambar 2. 2	P&ID Sistem Pengendalian <i>Separator</i> V-100 di JOB Pertamina-Petrochina East Java-Tuban	4
Gambar 2. 3	<i>Bath-tub Curve</i>	6
Gambar 2. 4	Blok Diagram Proses <i>Maintenance</i>	13
Gambar 3. 1	<i>Flowchart</i> Penelitian	21
Gambar 3. 2	Pemasukan Data TTF	23
Gambar 3. 3	Pengujian Distribusi Data TTF	24
Gambar 3. 4	Penunjukan Hasil Distribusi	24
Gambar 4. 1	Grafik Laju Kegagalan LT 101	30
Gambar 4. 2	Grafik <i>Reliability</i> LT 101	31
Gambar 4. 3	Grafik <i>Maintainability</i> LT 101	32
Gambar 4. 4	Grafik <i>Availability</i> LT 101	33
Gambar 4. 5	Grafik PM LT 101	34
Gambar 4. 6	<i>Grafik Laju Kegagalan</i> LIC 101	35
Gambar 4. 7	Grafik <i>Reliability</i> LIC 101	36
Gambar 4. 8	Grafik <i>Maintainability</i> LIC 101	37
Gambar 4. 9	Grafik <i>Availability</i> LIC 101	38
Gambar 4. 10	Grafik PM LIC 101	39
Gambar 4. 11	Grafik Laju Kegagalan LCV 101	40
Gambar 4. 12	Grafik <i>Reliability</i> LCV 101	41
Gambar 4. 13	Grafik <i>Maintainability</i> LCV 101	42
Gambar 4. 14	Grafik <i>Availability</i> LCV 101	43
Gambar 4. 15	Grafik PM LCV 101	44
Gambar 4. 16	Grafik Laju Kegagalan LT 102	45
Gambar 4. 17	Grafik <i>Reliability</i> LT 102	46
Gambar 4. 18	Grafik <i>Maintainability</i> LT 102	47
Gambar 4. 19	Grafik <i>Availability</i> LT 102	48
Gambar 4. 20	Grafik PM LT 102	49
Gambar 4. 21	Grafik Laju Kegagalan LIC 102	50

Gambar 4. 22	Grafik <i>Reliability</i> LIC 102	51
Gambar 4. 23	Grafik <i>Maintainability</i> LIC 102	52
Gambar 4. 24	Grafik <i>Availability</i> LIC 102	53
Gambar 4. 25	Grafik PM LIC 102	54
Gambar 4. 26	Grafik Laju Kegagalan LCV 102	55
Gambar 4. 27	Grafik <i>Reliability</i> LCV 102	56
Gambar 4. 28	Grafik <i>Maintainability</i> LCV 102	57
Gambar 4. 29	Grafik <i>Availability</i> LCV 102	58
Gambar 4. 30	Grafik PM LCV 102	59
Gambar 4. 31	Grafik Laju Kegagalan PT 151	60
Gambar 4. 32	Grafik <i>Reliability</i> PT 151	61
Gambar 4. 33	Grafik <i>Maintainability</i> PT 151	62
Gambar 4. 34	Grafik <i>Availability</i> PT 151	63
Gambar 4. 35	Grafik PM PT 151	64
Gambar 4. 36	Grafik Laju Kegagalan PIC 151	65
Gambar 4. 37	Grafik <i>Reliability</i> PIC 151	66
Gambar 4. 38	Grafik <i>Maintainability</i> PIC 151	67
Gambar 4. 39	Grafik <i>Availability</i> PIC 151	68
Gambar 4. 40	Grafik PM PIC 151	69
Gambar 4. 41	Grafik Laju Kegagalan PCV 151	70
Gambar 4. 42	Grafik <i>Reliability</i> PCV 151	71
Gambar 4. 43	Grafik <i>Maintainability</i> PCV 151	72
Gambar 4. 44	Grafik <i>Availability</i> PCV 151	73
Gambar 4. 45	Grafik PM PCV 151	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai <i>Safety Integrity Level</i>	15
Tabel 4.1 Komponen pada <i>Separator</i> V-100	29
Tabel 4.2 Data Kerusakan LT 101	29
Tabel 4.3 Data Kerusakan LIC 101	34
Tabel 4.4 Data Kerusakan LCV 101	39
Tabel 4. 5 Data Kerusakan LT 102	44
Tabel 4. 6 Data Kerusakan LIC 102	49
Tabel 4. 7 Data Kerusakan LCV 102	54
Tabel 4. 8 Data Kerusakan PT 151	59
Tabel 4. 9 Data Kerusakan PIC 151	64
Tabel 4. 10 Data Kerusakan PCV 151	69
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Analisa Keamanan Untuk Komponen <i>Separator</i> V-100 pada Saat $T_i = 8760$ Jam dan $T_i = 105.120$ Jam	75
Tabel 4. 12 Nilai MTTF dan <i>Likelihood</i> Resiko Pada Komponen Sistem Pengendalian <i>Separator</i> V-100	77
Tabel 4. 13 Nilai MTTR dan <i>Likelihood</i> Resiko Pada Komponen Sistem Pengendalian <i>Separator</i> V-100	78
Tabel 4. 14 Biaya Pergantian pada Komponen Sistem Pengendalian <i>Separator</i> V-100	79
Tabel 4. 15 Rincian Banyaknya Tenaga Kerja dan Upah yang Diterima Setiap Tenaga Kerja	80
Tabel 4. 16 Rincian Total Konsekuensi	80

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
σ	Standard Deviasi
μ	Mean
η	Parameter skala, $\eta > 0$, disebut sebagai characteristic life
β	Parameter bentuk, $\beta > 0$, mendeskripsikan bentuk dari PDF
Γ	Parameter lokasi, merepresentasikan failure free
$R(t)$	Keandalan
$F(t)$	Fungsi distribusi kumulatif
$f(t)$	Probability density function
λ	Laju kegagalan
$M(t)$	Maintainability
$A_i(t)$	Availability inherent
MTTF	Mean time to failure
MTTR	Mean time to repair
t	Waktu operasi (jam)
T_i	Test Interval (jam)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era modern seperti saat ini, kesadaran dan desakan masyarakat terhadap segala kebutuhan akan hasil yang bermutu dan berkualitas semakin meningkat. Pada suatu sistem produksi, permasalahan mengenai efektivitas produksi akan tercapai, bila setiap komponen yang ada dalam sistem produksi bekerja pada kondisi yang baik sesuai dengan fungsi dan spesifikasinya. *Reliability* merupakan suatu probabilitas bahwa suatu sistem atau komponen akan berfungsi dalam periode tertentu. Untuk itu perlu dilakukannya suatu analisis untuk menghitung seberapa besar kegagalan atau kerusakan terhadap suatu sistem. Peralatan atau komponen didalam suatu sistem bila digunakan secara terus-menerus akan mengalami penurunan *performance* dari fungsinya, dan pada akhirnya tidak dapat memenuhi fungsinya sama sekali atau dikatakan rusak. Dengan mengukur parameter kehandalannya maka dapat mengantisipasi kegagalan dan dapat memprediksi suatu penghambat yang nantinya dapat memperbaiki kinerja *preventive maintenance*[11].

JOB Pertamina – Petrochina East Java adalah perusahaan minyak dan gas bumi yang beroperasi di daerah Soko Tuban. Salah satu unit utama yang berada di JOB Pertamina – Petrochina East Java plant adalah separator V-100. Separator merupakan tabung bertekanan yang digunakan untuk memisahkan fluida sumur menjadi air, gas dan minyak. Berdasarkan hasil pemisahannya separator ini dinamakan separator tiga fasa. *Plant* ini sudah beroperasi sejak 2002 dan memiliki waktu operasi yang panjang. Untuk menjaga dan mempertahankan performansinya, maka dilakukan perawatan yang sistematis. Perhitungan *reliability* secara *kuantitatif* banyak dilakukan dalam rangka menyusun strategi pemeliharaan, sehingga pada akhirnya dapat memperbaiki kinerja terencana di di JOB Pertamina – Petrochina East Java. Penggunaan analisa *reliability* diperlukan sehubungan dengan adanya kebutuhan akan keamanan dan kontinuitas kerja dari sistem pada *Separator V-100*. Kegagalan pada salah satu

komponen akan menyebabkan kerusakan yang lebih besar pada keseluruhan sistem. Jika gangguan ini sering terjadi, maka secara tidak langsung hal ini akan menyebabkan kerugian perusahaan dengan penurunan produksi. Penerapan *reliability* dilakukan pada sistem dan komponen yang bertujuan untuk mengetahui *reliability* suatu sistem dan *safety system* pada mesin tersebut. Dengan demikian bisa diprediksikan *lifetime*-nya dan dapat memprediksi kinerja *preventive maintenance*-nya[1].

1.2 Perumusan Masalah

Adapun beberapa permasalahan yang dihadapi dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana meningkatkan nilai *reliability* dan SIL dari *plant* sistem pengendalian *Separator V-100* setelah dilakukan *preventive maintenance*.
2. Bagaimana mengetahui nilai *risk management* yang berada pada sistem pengendalian *Separator V-100*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini yaitu meningkatkan nilai *reliability*, menganalisis *safety integrity level* (SIL), dan menganalisis *risk managemet* dari *plant* sistem pengendalian *Separator V-100*.

1.4 Batasan Permasalahan

Pada tugas akhir ini, ada beberapa batasan yang digunakan antara lain:

1. Analisis *reliability* dan nilai *safety integrity level* (SIL) ditekankan untuk pengendalian *Separator V-100* pada JOB Pertamina – Petrochina East Java Tuban.
2. Data *maintenance* yang tersedia dari tahun 2009 – 2013.
3. Untuk mendapatkan pendekatan distribusi, program yang digunakan adalah *Reliashoft Weibull ++6*.
4. Manajemen risikonya untuk mengetahui nilai *likelihood* dan biaya pengantian tiap komponen.
5. Perhitungan SIL didapatkan dari perhitungan PFD dan RRF.

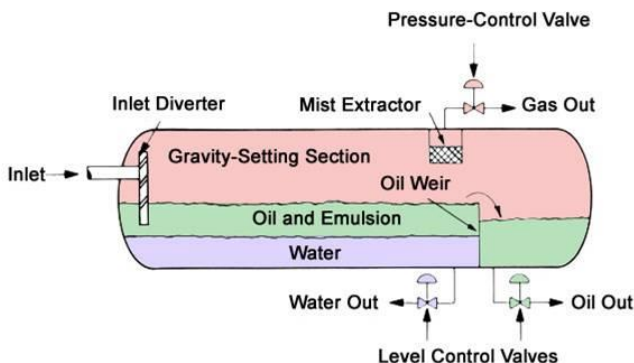
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

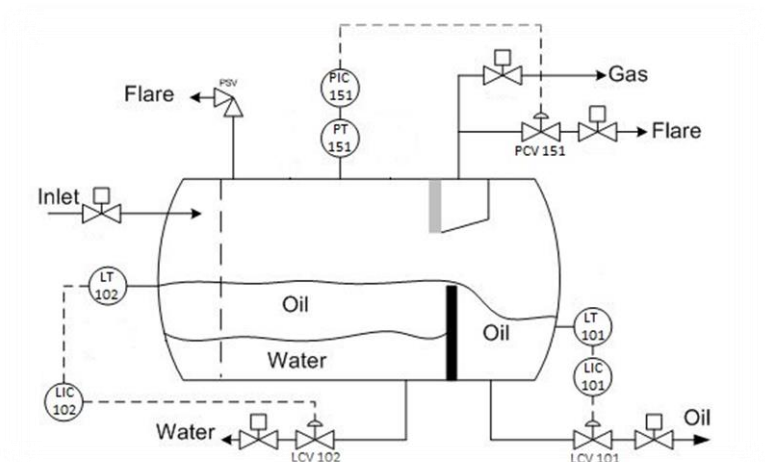
2.1 Separator

Separator adalah bejana tekanan yang digunakan untuk memisahkan campuran fluida berdasarkan perbedaan densitasnya. Gas berada diatas cairan dan pada umumnya, minyak atau kondensat akan berada di atas air[12]. Gambar 2.1 menunjukkan proses pemisahan minyak, air dan gas.

Level minyak pada *Separator V-100* JOB Pertamina-Petrochina East Java-Tuban dikendalikan untuk menjalankan tiga tujuan. Yang pertama, agar minyak tidak sampai terbawa oleh aliran keluar gas (*gas outlet*) yang dikenal dengan *carry over*. Apabila terjadi *carry over* maka minyak akan masuk ke *plant scrubber* yang bisa menyebabkan beratnya kinerja dari *scrubber*. Yang kedua, bertujuan agar minyak tidak sampai masuk ke aliran keluaran air (*water outlet*) yang dapat menyebabkan berkurangnya produksi minyak dan terganggunya proses selanjutnya yaitu air dialirkan ke *plant Sulfure Recovery Unit (SRU)*. Yang ketiga, agar produksi minyak stabil dan lebih optimal[10].



Gambar 2.1 *Separator* Tiga Fasa



Gambar 2.2 P&ID Sistem Pengendalian *Separator V-100* JOB Pertamina-Petrochina East Java-Tuban[1]

Pada gambar 2.2 merupakan gambar dari sistem pengendalian *Separator V-100* JOB Pertamina-Petrochina East Java-Tuban.

2.2 Reliability (Keandalan)

Reliability didefinisikan sebagai *probabilitas* suatu sistem untuk dapat menjalankan tugasnya dengan baik sesuai dengan kondisi waktu operasi yang ditentukan. Keandalan merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam dunia industri karena mempengaruhi kinerja proses *plant*, mempengaruhi biaya perawatan dan kerugian hasil produksi yang ditanggung jika *plant* sering mengalami kegagalan dalam proses produksinya. Untuk menentukan keandalan yang harus dilakukan adalah, deskripsi sistem yang diamati harus jelas, unit waktu harus diidentifikasi dan didasarkan pada kalender atau waktu, jam operasi atau siklus, dan sistem harus diamati dibawah kinerja normal[5].

Metode yang digunakan dalam menentukan keandalan suatu *plant* ada dua, yaitu metode *kuantitatif* dan metode

kualitatif. Metode *kuantitatif* bisa didapatkan dari data *maintenance* terhadap waktu kegagalan (*time to failure*) dan waktu perbaikan (*time to repair*) dari tiap komponen, metode ini juga dikatakan sebagai metode secara matematis.

Nilai keandalan dapat diketahui dengan persamaan berikut[5].

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$$R(t) = 1 - \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (2.1)$$

Dimana :

$F(t)$ = *Cumulative Distribution Function* (CDF)

$R(t)$ = *Reliability Function*

$f(t)$ = *Probability Density Function* (PDF)

2.3 Fungsi Laju Kegagalan

Fungsi laju kegagalan (λ) adalah banyaknya kegagalan persatuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen, subsistem dan sistem.

Laju kegagalan dalam beberapa kasus dapat ditunjukkan sebagai penambahan (IFR), penurunan (DFR), atau konstan (CFR) pada saat $\lambda(t)$ adalah fungsi penambahan, penurunan atau konstan[5]. Fungsi laju kegagalan dapat diketahui dengan persamaan (2.2)[4].

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.2)$$

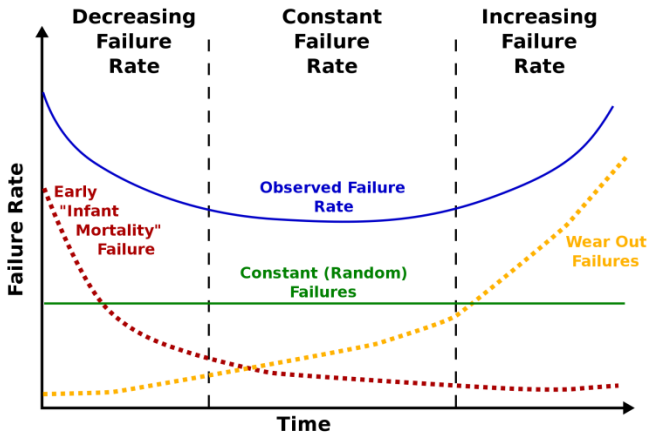
Dimana :

$\lambda(t)$ = *failure rate* selama jangka waktu operasi

$f(t)$ = banyaknya kegagalan selama jangka waktu operasi

$R(t)$ = *reliability* tiap waktu

Konsep laju kegagalan dilatarbelakangi oleh banyak komponen, perangkat atau sistem rekayasa yang menunjukkan perilaku $\lambda(t)$ mengikuti sebuah kurva, yaitu kurva bak mandi (*bath-tub curve*). *Bath-tub curve* adalah konsep untuk mempresentasikan kegagalan dari berbagai barang teknik karena tingkat kegagalan item ini berubah terhadap waktu[4].



Gambar 2.3. *Bath-tub Curve*

Berdasarkan gambar, sebuah komponen, perangkat atau system akan bekerja dengan sejarah hidup yang terbagi dalam 3 fase pada kurva bak mandi, yaitu :

- Fase *burn-in*

Kondisi dimana mengalami penurunan laju kerusakan seiring dengan bertambahnya waktu yang diakibatkan karena tenaga kerja dibawah standart, pengendalian kualitas yang tidak memenuhi syarat, performansi material, design yang tidak tepat dan kesalahan pemakaian. Kondisi tersebut berada pada periode 0 sampai t_1 (permulaan bekerjanya peralatan). Kurva menunjukkan bahwa laju kerusakan terus menurun dengan bertambahnya waktu atau disebut *Decreasing Failure Rate* (DFR)

- *Fase Useful Life*

Kondisi dimana laju kerusakan dari komponen yang ditimbulkan konstan. Pada periode t_1 dan t_2 laju kerusakan cenderung konstan atau tetap dan disebut *Constan Failure Rate* (CFR). Komponen menunjukkan $\lambda(t)$ yang kurang lebih konstan (CFR). Kegagalan terjadi secara tidak wajar karena tegangan berlebih, beban acak lingkungan dan kesalahan manusia.

- *Fase Wearout*

Kondisi dimana mengalami peningkatan laju kegagalan dan penurunan fungsi dari suatu komponen. Pada periode t_2 menunjukkan laju kerusakan dengan bertambahnya waktu yang disebut dengan *Increasing Failure Rate* (IFR). $\lambda(t)$ menunjukkan peningkatan IFR, dimana peluang kegagalan komponen selama interval waktu yang sama berikutnya bertambah besar. Kegagalan diakibatkan oleh penuaan, korosi, gesekan, sehingga disebut fase pengausan (*Wearout*) untuk mengurangi pengaruh keausan yang biasanya dilakukan penggantian (*replacement*) beberapa bagian alat atau bahkan seluruhnya dengan baru.

2.4 Distribusi Laju Kegagalan

Distribusi laju kegagalan berfungsi untuk mengetahui rentang kerusakan dari suatu alat yang nantinya dapat diajukan suatu penjadwalan *maintenance*. Dalam pembahasan teori keandalan, distribusi statistik yang banyak digunakan adalah distribusi kontinyu karena distribusi ini sangat cocok untuk sistem yang beroperasi secara kontinyu. Dalam distribusi kontinyu terdiri atas distribusi normal, *eksponensial*, *lognormal* dan *weibull*. Untuk distribusi *weibull* memiliki ada dua macam distribusi yaitu distribusi *weibull* dua parameter dan distribusi *weibull* tiga parameter. Dinamakan distribusi *weibull* dua parameter karena didalamnya terdapat parameter bentuk (β) yang menunjukkan kerusakan dari distribusi. Sedangkan parameter skala (θ) berfungsi untuk menunjukkan usia karakteristik dari alat atau komponen. Untuk distribusi tiga parameter memiliki tiga parameter didalamnya, yaitu parameter bentuk (β), parameter skala (θ), dan parameter lokasi (t_0)[5].

- **Distribusi Normal**

Distribusi normal yang sering disebut juga dengan distribusi gaussian adalah salah satu jenis distribusi yang paling sering digunakan dalam menjelaskan sebaran data. *Probability density function* (PDF) dari distribusi normal adalah simetris terhadap nilai mean dan dispersi terhadap nilai rata-ratanya diukur dengan nilai standart deviasi. Parameter distribusi normal adalah *mean* dan *standart deviasi*. *Probability density function* dari distribusi normal dapat ditulis seperti persamaan 2.3[5].

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.3)$$

Fungsi keandalan distribusi normal adalah :

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right) \quad (2.4)$$

Laju kegagalan distribusi normal adalah :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)} \quad (2.5)$$

Waktu rata-rata kegagalan distribusi normal yaitu :

$$MTTF = \mu \quad (2.6)$$

- **Distribusi Lognormal**

Probability density function untuk distribusi *lognormal* dapat ditulis seperti persamaan 2.7[5].

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.7)$$

Fungsi keandalan distribusi *lognormal* yaitu :

$$R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)^2 \right] dt \quad (2.8)$$

Laju kegagalan distribusi *lognormal* yaitu :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.9)$$

Waktu rata-rata kegagalan distribusi *lognormal* yaitu :

$$\text{MTTF} = \exp \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) \quad (2.10)$$

- **Distribusi Eksponensial**

Fungsi padat peluang (*probability density function*) distribusi *eksponensial* adalah[5] :

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda(t-\gamma)} \quad (2.11)$$

Fungsi keandalan distribusi *eksponensial* yaitu :

$$R(t) = e^{-\lambda(t-\gamma)} \quad (2.12)$$

Laju kegagalan distribusi *eksponensial* yaitu :

$$\lambda(t) = \lambda \quad (2.13)$$

Waktu rata-rata kegagalan distribusi *eksponensial* yaitu :

$$\text{MTTF} = \gamma + \frac{1}{\lambda} \quad (2.14)$$

- **Distribusi Weibull**

Distribusi *weibull* telah digunakan secara luas dalam teknik kehandalan. Keuntungan dari distribusi ini adalah bisa digunakan untuk mempresentasikan banyak PDF, serta bisa digunakan untuk variasi data yang luas. Distribusi *weibull* terbagi menjadi dua kelompok, yaitu distribusi *weibull* dua parameter dan distribusi *weibull* tiga parameter[5].

➤ Distribusi dua parameter

PDF dari distribusi *weibull* yaitu :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.15)$$

Laju kegagalan distribusi *weibull* yaitu :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (2.16)$$

Fungsi keandalan distribusi *weibull* yaitu :

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.17)$$

Waktu rata-rata kegagalan distribusi *weibull* adalah :

$$\text{MTTF} = \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.18)$$

➤ Distribusi tiga parameter

PDF dari distribusi *weibull* yaitu :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-t_0}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t-t_0}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.19)$$

Laju kegagalan distribusi *weibull* yaitu :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-t_0}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (2.20)$$

Fungsi keandalan distribusi *weibull* yaitu :

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t-t_0}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.21)$$

Waktu rata-rata kegagalan distribusi *weibull* adalah :

$$\text{MTTF} = t_0 + \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.22)$$

2.5 Maintainability (Keterawatan)

Maintainability didefinisikan sebagai kemampuan suatu komponen dalam kondisi pemakaian tertentu untuk dirawat atau dikembalikan ke keadaan semula dimana komponen itu dapat menjalankan fungsi yang diperlukan jika perawatan dilakukan dalam kondisi tertentu dan dengan menggunakan prosedur dan sumber daya yang sudah ditentukan[4].

Maintainability normal menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[- \frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)^2 \right] dt \quad (2.23)$$

Maintainability lognormal menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M(t) = \int_0^t \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[- \frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt \quad (2.24)$$

Maintainability eksponensial menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M(t) = 1 - e^{-\mu(t-t_0)} \quad (2.25)$$

Maintainability weibull dua parameter menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M(t) = 1 - e \left[- \left(\frac{t}{\theta} \right)^\beta \right] \quad (2.26)$$

Maintainability weibull tiga parameter menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M(t) = 1 - e \left[- \left(\frac{t-t_0}{\theta} \right)^\beta \right] \quad (2.27)$$

Sedangkan untuk persamaan waktu rata-rata perbaikan (MTTR) untuk beberapa distribusi dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

Distribusi normal menggunakan persamaan berikut :

$$MTTR = \mu \quad (2.28)$$

Distribusi *lognormal* menggunakan persamaan berikut:

$$MTTR = \exp \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) \quad (2.29)$$

Distribusi *eksponensial* menggunakan persamaan berikut:

$$MTTR = \gamma + \frac{1}{\mu} \quad (2.30)$$

Distribusi *weibull* dua parameter menggunakan persamaan berikut :

$$MTTR = \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.31)$$

Distribusi *weibull* tiga parameter menggunakan persamaan berikut :

$$MTTR = t_0 + \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.32)$$

2.6 Availability (Ketersediaan)

Availability merupakan *probabilitas* bahwa sebuah komponen akan tersedia saat dibutuhkan atau proporsi dari total waktu bahwa sebuah komponen tersedia untuk digunakan[4]. Seperti yang dapat dilihat, ketersediaan secara matematis didefinisikan dalam beberapa cara berbeda tergantung pada bagaimana sistem *uptime* dan *downtime* yang diukur. *Availability* merupakan ukuran yang lebih disukai ketika sistem dapat dikembalikan karena menggabungkan untuk kedua kegagalan (*reliability*) dan perbaikan (*maintainability*)[5].

Nilai *availability* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2.33)[5] dan (2.34)[3].

$$A(i) = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad (2.33)$$

$$A(t) = 1 - \left[\left(\frac{\lambda}{\lambda + \mu} \right) - \left(\frac{\lambda}{\lambda + \mu} \right) \exp(-(\lambda + \mu) t) \right] \quad (2.34)$$

2.7 Maintenance (Perawatan)

Maintenance merupakan suatu usaha yang dilakukan untuk mempertahankan kualitas dari peralatan agar tetap terjaga baik seperti kondisi awalnya. Istilah *maintenance* and *repair* merupakan aktivitas untuk mencegah kerusakan dan untuk memperbaiki kerusakan.

2.7.1 Tujuan Kegiatan Maintenance

Maintenance dilakukan dalam suatu industri agar :

- Memperpanjang waktu pakai mesin.
- Meningkatkan kapasitas, produktifitas dan efisiensi dari sistem yang ada.
- Meminimumkan frekuensi dan kuatnya gangguan yang ada terhadap proses operasi.
- Menjaga keamanan sistem dan mencegah berkembangnya gangguan keamanan.

2.7.2 Pelaksanaan Perawatan

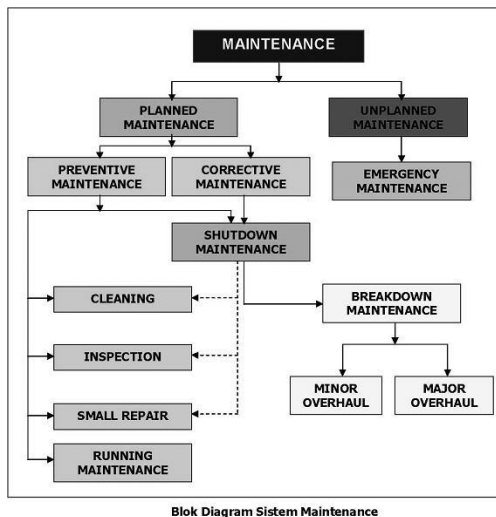
Secara umum tinjauan pelaksanaan perawatan dibagi menjadi dua, yaitu :

- Perawatan yang direncanakan (*Planned Maintenance*)

Perawatan yang direncanakan adalah pengerjaan perawatan yang dilaksanakan dengan pertimbangan ke masa depan yang tercatat dan terkontrol.

- Perawatan yang tidak direncanakan (*Unplanned Maintenance*)

Perawatan yang tidak direncanakan adalah suatu pekerjaan darurat yang tidak direncanakan sebelumnya atau biasa disebut *unplanned emergency maintenance*. Blok diagram dari proses *maintenance* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Blok diagram proses *maintenance*

2.7.3 Preventive Maintenance

Preventive Maintenance merupakan salah satu dari beberapa cara yang dapat digunakan dalam melakukan kegiatan *maintenance*. *Preventive maintenance* sendiri merupakan suatu cara pencegahan terjadinya kerusakan yang sudah terencana sebelumnya. Biasanya *preventive maintenance* dilakukan sejak awal alat beroperasi sebelum terjadi kerusakan. Tujuan dari kegiatan ini untuk mengefektifkan perbaikan kecil, pelumasan, menghindari kerusakan selama mesin alat bekerja, dan pekerjaan

inspeksi. Kegiatan *preventive maintenance* ini sangat cocok diterapkan untuk suatu industri yang proses produksinya kontinyu. Contohnya adalah pada industri kilang minyak, pabrik kimia dan industri pengolahan baja.

Preventive Maintenance sering disebut *time based maintenance*. Jenis ini diterapkan diperusahaan jika sudah dapat mengurangi frekuensi kegagalan. *Preventive Maintenance* dilakukan tanpa mempertimbangkan kondisi instrumen dilapangan, sehingga tidak efektif dan kurang efisien dilihat dari total biaya yang harus dikeluarkan perusahaan.

Kegiatan *preventive maintenance* dapat digunakan untuk menaikkan nilai keandalan dari suatu komponen. Dari kegiatan ini dapat mengurangi efek dari pemakaian yang melampaui batas pemakaian yang berpengaruh terhadap kinerja sistem *plant*. Dimana $R(t)$ sebagai kehandalan tanpa *preventive maintenance*, T sebagai interval waktu antara *preventive maintenance* dan $R_m(t)$ sebagai *reliability* sistem dengan *preventive maintenance*, maka dapat digunakan persamaan dibawah ini[5].

$$R_m(t) = R(t) \quad \text{untuk } 0 \leq t \leq T \quad (2.35)$$

$$R_m(t) = R(T) R(t - nT) \quad \text{untuk } T \leq t \leq 2T \quad (2.36)$$

$$R_m(t) = R(T)^n R(t - nT) \quad \text{untuk } nT \leq t \leq (n+1)T \quad (2.37)$$

Dimana :

$R(t)$ = Kehandalan tanpa *preventive maintenance*

T = Interval waktu antara *preventive maintenance*

$R_m(t)$ = *Reliability* sistem dengan *preventive maintenance*

Jika laju komponen memiliki laju kegagalan konstan maka waktu kegagalan komponen memiliki distribusi *eksponensial* dan pada waktu komponen ini *preventive maintenance* menjadi tidak relevan. Jika instrumen tersebut memiliki laju kegagalan yang menurun maka perawatan yang bertujuan untuk mengembalikan instrumen ke kondisi yang seperti baru adalah tidak menguntungkan. *Preventive maintenance* akan

sangat efektif bila diterapkan untuk instrumen yang memiliki laju kegagalan meningkat.

2.8 Safety Integrity Level (SIL)

Safety Integrity Level merupakan tingkatan *range* keamanan dari suatu komponen instrumen yang mengkonfigurasi dengan *safety instrumented system* (SIS) seperti *sensor*, *logic solver* dan *final element*. SIL mempresentasikan besarnya *probabilitas of failure on demand* (PFD) atau *probabilitas* kegagalan dari komponen SIS ketika ada permintaan. Untuk mengetahui nilai SIL dalam suatu komponen maka terlebih dahulu mengetahui nilai laju kegagalan kemudian menentukan nilai *Probabilitas of Failure on Demand* (PFD) dengan cara $\lambda \cdot T_i / 2$. Dimana λ merupakan nilai laju kegagalan yang didapat dari distribusi pada sub bab sebelumnya dan T_i merupakan *test interval* yang digunakan. Setelah mengetahui nilai PFD dari masing-masing komponen kemudian dapat mencari tingkatan nilai SIL dengan melihat *range* nilai PFD yang tercantum pada tabel 3.1 sesuai dengan standar IEC 61508[6].

Tabel 2.1. Nilai *Safety Integrity Level*[6]

Risk Level	IEC/ISA/AIChE Safety Integrity Level	Required Safety Availability	Probability of Failure on Demand	Risk Reduction Factor
(Note 1)	4	> 99.99%	< .0001	> 10,000
High	3	99.9% - 99.99%	.001 - .0001	1,000 – 10,000
Medium	2	99% - 99.9%	.01 - .001	100 – 1,000
Low	1	90% - 99%	.1 - .01	10 – 100

SIL 1 menunjukkan level keamanan rendah (*high risk*) atau kemungkinan terjadinya *failure* semakin besar. Sedangkan sil 4 menunjukkan level keamanan tinggi (*low risk*) atau kemungkinan terjadinya *failure* semakin kecil.

Berikut ini salah satu metode *kuantitatif* untuk menentukan *Probabilitas of Failure on Demand* (PFD) dan nilai *Risk Reduction Factor* (RRF)[7].

$$\text{PFD Avg element} = \frac{\lambda \text{ element} \times \text{Ti element}}{2} \quad (2.38)$$

Untuk mencari nilai dari *Risk Reduction Factor* (RRF) menggunakan persamaan dibawah ini[7].

$$\text{RRF} = \frac{1}{\text{PFD}} \quad (2.39)$$

Dimana :

λ = laju kegagalan (*failure rate*) suatu peralatan

Ti = *Test interval* (Ti)

RRF = *Risk Reduction Factor*

$$\text{PFD Avg SIF} = \text{PFD}_{\text{Avg SENSOR}} + \text{PFD}_{\text{Avg LOGIC SOLVER}} + \text{PFD}_{\text{Avg FINAL ELEMENT}} \quad (2.40)$$

Dari persamaan diatas dapat diketahui bahwa PFD dipengaruhi oleh laju kegagalan peralatan dan *test interval*, artinya semakin besar laju kegagalan suatu peralatan maka kemungkinan terjadinya failure akan semakin besar dan tingkat penurunan resikonya akan semakin kecil. Begitu juga dengan semakin sering suatu peralatan dilakukan test maka kemungkinan terjadinya *failure* akan semakin kecil dan tingkat penurunan resikonya semakin besar.

2.9 Manajemen Resiko

Manajemen resiko merupakan suatu proses untuk mengetahui, menganalisa serta mengendalikan resiko dalam setiap kegiatan atau aktivitas perusahaan yang diaplikasikan untuk menuju efektifitas manajemen yang lebih tinggi dalam menangani kesempatan yang potensial dan kerugian yang dapat mempengaruhi perusahaan. Selain itu manajemen resiko adalah suatu proses sistematis dan berpikir secara logika yang akan digunakan untuk menentukan keputusan dalam memperbaiki efektifitas dan efisiensi dari performansi. Hal ini seharusnya diintegrasikan dalam kehidupan budaya sehari-hari.

Manajemen resiko juga merupakan kegiatan yang sudah diterapkan suatu perusahaan untuk mengendalikan resiko dan melaksanakan manajemen yang lebih bagus dalam menangani kerugian yang dapat mempengaruhi perusahaan. Keuntungan dari kegiatan ini adalah agar seorang pemimpin dapat dengan mudah mengambil keputusan yang logis dan efisiensi ketika suatu perusahaan mengalami kegagalan. Secara umum manajemen resiko merupakan proses sistematis dari *assessment* (penilaian), kontrol (pengendalian), dan *preview* (peninjauan) dari sebuah resiko. Dari manajemen resiko juga dapat digunakan untuk menentukan level resiko yang dialami oleh suatu perusahaan. Berikut ini adalah beberapa proses dari manajemen resiko :

a. *Initiating Risk Management Process*

Saat melakukan proses manajemen resiko terdapat beberapa cara, diantaranya adalah membuat SOP mengenai kemungkinan masalah yang akan timbul dan disertai cara penanganannya, tanggap dalam mengambil keputusan dan mengumpulkan informasi yang menyebabkan timbulnya bahaya untuk suatu perusahaan.

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengambil inisiatif dan merencanakan proses manajemen resiko terdiri dari :

- Mendefinisikan masalah atau pertanyaan-pertanyaan mengenai resiko yang mungkin timbul.
- Menyusun latar belakang informasi atau data yang mungkin berpotensi membahayakan.
- Mengidentifikasi sumber daya yang diperlakukan.
- Penentuan ketetapan waktu dalam pengambilan keputusan.

b. *Risk Assessment (Penilaian Resiko)*

Risk assessment merupakan proses identifikasi nilai kerusakan, analisis serta evaluasi resiko. *Risk assessment* akan lebih mudah untuk memilih suatu alat, data, dan informasi yang dibutuhkan dalam mengendalikan resiko yang ada. Oleh karena itu, yang harus dilakukan adalah mengenali dan mendeskripsikan masalah dan pertanyaan atas resiko yang mungkin muncul, ketika pertanyaan akan masalah-masalah resiko dapat didefinisikan

maka akan lebih mudah untuk memilih alat, data dan informasi yang diperlakukan dalam mengendalikan resiko. *Risk assessment* ini biasa disebut sebagai *severity* atau proses identifikasi kerusakan.

c. **Kriteria Resiko**

Kriteria resiko merupakan hal utama dalam penilaian resiko dan atribut yang menentukan seberapa besar dari suatu resiko. Dalam menentukan kriteria resiko, diperlukan suatu data yang mendukung, seperti data kegagalan dari tiap komponen yang ada pada sistem pengendalian *Separator V-100*. Kriteria resiko dibagi menjadi dua, yaitu konsekuensi dan *likelihood*.

- **Kriteria Konsekuensi**

- **Kerugian berdasarkan biaya perbaikan**

Kerugian biaya ini terjadi karena peralatan membutuhkan pergantian alat dan upah tenaga kerja. Seluruh kerugian ini ditanggung oleh perusahaan yang bersangkutan. Oleh karena itu, perusahaan melakukan manajemen resiko dari segi biaya untuk mengurangi kerugian yang ditanggung perusahaan.

- **Kerugian berdasarkan waktu**

Kerugian berdasarkan waktu ini dapat dicari menggunakan persamaan dari MTTR. Kerugian ini disebabkan karena kerusakan yang menyebabkan waktu terbuang percuma.

- **Kerugian berdasarkan *Health and Safety Personal***

Kerugian ini menitikberatkan pada keselamatan dari pekerjaanya yang berada di *plant* atau lapangan ketika terjadi suatu kegagalan dari fungsi masing-masing komponen yang akan menyebabkan kecacatan, kematian atau luka-luka.

- **Kriteria *Likelihood***

Kriteria *Likelihood* adalah nilai untuk mengetahui seberapa sering komponen pada *Separator V-100* mengalami kegagalan dalam kinerjanya. Untuk mencari nilai *likelihood* menggunakan waktu operasional dibagi dengan data MTTF. Nilai MTTF didapat dari distribusi kegagalan yang diperoleh dari data kegagalan tiap komponen.

$$\text{Nilai Likelihood} = \frac{\text{Waktu Operational}}{\text{MTTF}} \quad (2.41)$$

d. Risk Analysis

Risk analysis merupakan perkiraan dari gabungan resiko dan identifikasi bahaya. Hal ini meliputi proses *kualitatif* dan *kuantitatif* dari kemungkinan timbulnya bahaya dan kerusakan. Hal ini berkaitan dengan kemampuan untuk mendeteksi ancaman dan faktor-faktor lain dari resiko.

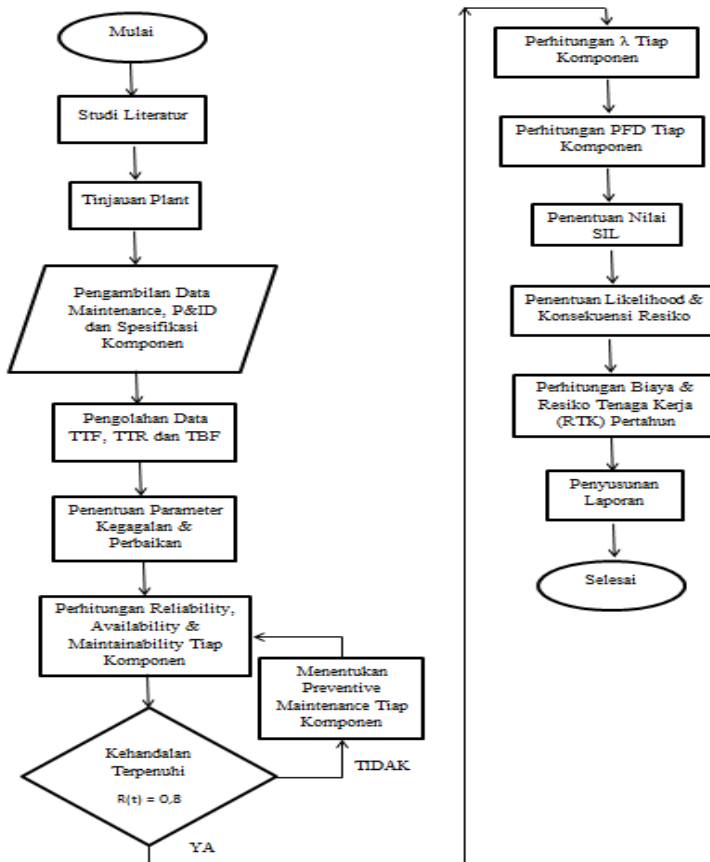
Risk analysis juga merupakan biaya yang ditanggung perusahaan ketika komponen mengalami kerusakan. Biaya tersebut dapat berupa biaya pergantian suatu komponen atau biaya penambahan upah tenaga kerja jika komponen mengamali kegagalan atau ketika dilakukan *overhaul*. Persamaan yang dapat digunakan untuk mencari nilai Resiko Tenaga Kerja (RTK) adalah sebagai berikut :

$$\text{RTK} = \text{Likelihood} \times \text{MTTR} \times \text{Total upah perjam} \quad (2.42)$$

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan-tahapan tersebut sesuai dengan *flowchart* pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. *Flowchart* Penelitian

3.1 Peninjauan Lapangan dan Studi Literatur

Peninjauan lapangan merupakan pengamatan secara langsung dilokasi yang dijadikan objek dalam pengerjaan tugas akhir ini, yaitu di JOB Pertamina-Petrochina East Java Tuban. Studi literatur berupa pemahaman secara teoritis tentang studi proses JOB P-PEJ dan identifikasi komponen-komponen JOB P-PEJ.

Komponen-komponen utama yang dianalisa keandalannya yaitu *Level Transmitter 101, Level Transmitter 102, Pressure Transmitter 151, Level Indicator Control 101, Level Indicator Control 102, Pressure Indicator Control 151, Level Control Valve 101, Level Control Valve 102 Dan Pressure Control Valve 151*.

3.2 Pengambilan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan data *maintenance Separator V-100* yang berupa data *history* kegagalan dan perbaikan pada seluruh komponen yang terdapat pada unit JOB P-PEJ.

3.3 Analisa Data

Pada tahap ini, data yang diperoleh akan diolah dengan menggunakan metode *kuantitatif* yang meliputi antara lain :

3.3.1 Analisa Keandalan

Pada tahapan ini akan dilakukan evaluasi nilai *keandalan, maintainability, availability* dan *preventive maintenance* dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut :

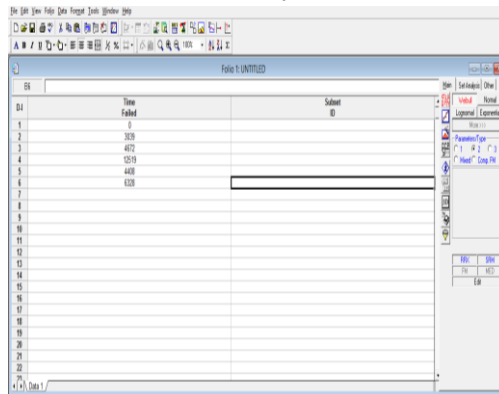
- Penentuan *Time to Failure* (TTF)

Data yang digunakan adalah data *maintenance* JOB P-PEJ yang berupa data waktu kegagalan dari Januari 2009 – tahun 2013.

- Penentuan Distribusi Time to Failure (TTF)

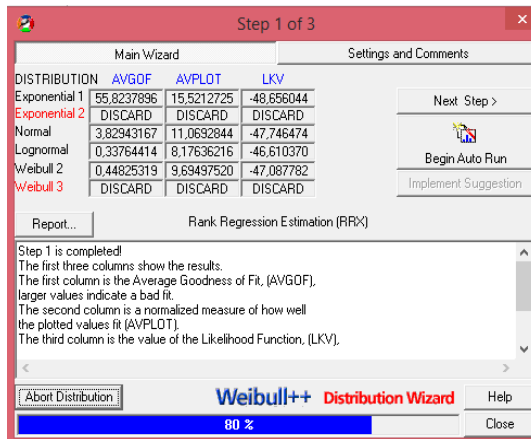
Penentuan distribusi waktu antar kegagalan bertujuan untuk mendapatkan harga kemungkinan terjadinya kerusakan pada waktu tertentu. Penentuan distribusi *time to failure* dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan *software reliasoft weibull++ version 6*. Berikut ini adalah langkah-langkah penentuan distribusi waktu antar kegagalan :

- Data antar kegagalan dimasukkan ke dalam *software* untuk dicari distribusinya.



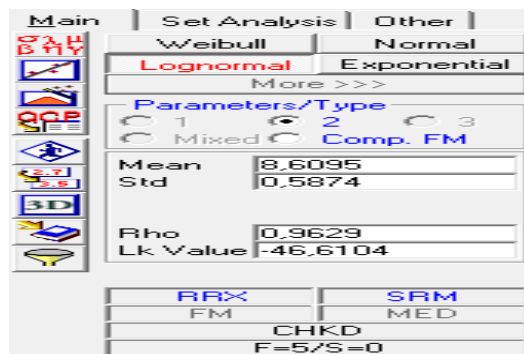
Gambar 3.2. Pemasukan Data TTF

- Mulai dilakukan uji distribusi dengan memilih *option distribution wizard* untuk mendapatkan parameter uji *average goodness of fit* (AVGOF) dimana semakin besar nilai pada kolom ini mengidentifikasi ketidaksesuaian hasil uji distribusi, parameter uji *averagr of plot fit* (AVPLOT) yang ditunjukkan ukuran yang digunakan untuk menge-plot nilai hasil uji distribusi dan parameter uji *likelihood function* (LKV), nilai yang paling kecil merupakan nilai yang terbaik untuk hasil uji distribusi.



Gambar 3.3. Pengujian Distribusi Data TTF

- Pada langkah terakhir terdapat *implementasi suggestion* yang menunjukkan distribusi serta parameter distribusi dari data yang diuji. Pengujian distribusi yang didapatkan meliputi distribusi normal, *lognormal*, *eksponensial* satu parameter, *eksponensial* dua parameter, *weibull* dua parameter dan *weibull* tiga parameter. Sehingga didapatkan distribusi yang paling sesuai dan didapat parameter-parameter kegagalan dari distribusi tersebut.



Gambar 3.4. Penunjukkan Hasil Distribusi

- Evaluasi Kegagalan $R(t)$ pada Setiap Komponen

Berdasarkan penentuan parameter uji distribusi dapat ditentukan nilai keandalan dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah ada pada bab sebelumnya. Hasil dari perhitungan keandalan dapat di *plot* dalam sebuah grafik hubungan antara nilai keandalan $R(t)$ dengan waktu operasional.

- Penentuan Keandalan pada Setiap Komponen

Setelah mendapat nilai keandalan dari masing-masing komponen di JOB P-PEJ, maka selanjutnya mengelompokkan masing-masing komponen ke dalam komponen utama dimana melakukan perhitungan nilai keandalannya.

Adapun proses perhitungannya dengan menggunakan hubungan seri dari setiap komponen tersebut. Sehingga akan didapatkan nilai keandalan dari tiap komponen utama dan dapat di *plot* dalam sebuah grafik hubungan antara nilai keandalan dengan waktu operasional.

- Penentuan *Time to Repair* (TTR)

Data yang digunakan adalah data maintenance JOB P-PEJ yang berupa data waktu perbaikan yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan terhadap komponen yang mengalami kerusakan.

- Penentuan Distribusi *Time to Repair* (TTR)

Ditentukan distribusi waktu antar perbaikan yang bertujuan untuk mendapatkan nilai kemungkinan lamanya waktu perbaikan pada sistem. Penentuan distribusi *time to repair* dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan *software reliasoft weibull++ version 6*. Adapun langkah-langkah penentuan distribusi *time to failure* yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

- Evaluasi *Maintainability*

Berdasarkan plot nilai TTR pada masing-masing komponen dan parameter distribusi yang didapatkan dari uji *weibull++ version 6* dapat menentukan *maintainability* dengan menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

- Evaluasi *Availability*

Berdasarkan hasil parameter yang didapatkan dari uji distribusi, maka dapat ditentukan nilai *availability* dengan menggunakan persamaan yang ada untuk mengetahui ketersediaan suatu komponen.

- Evaluasi Keandalan dengan *Preventive Maintenance* pada Masing-Masing Komponen *Separator V-100*

Evaluasi keandalan dengan *preventive maintenance reliability* berupa perbandingan nilai keandalan komponen sebelum dilakukan *preventive maintenance* dengan nilai keandalan setelah dilakukan *preventive maintenance*, dengan acuan nilai keandalan sebesar 80% atau 0,8. Nilai acuan tersebut berdasarkan rekomendasi *Reliability Standart Power Plant*. Hasil dari perbandingan nilai tersebut dapat di *plot* dalam sebuah grafik hubungan antara nilai keandalan dengan waktu operasional.

3.3.2 Analisa Keamanan

Analisa *safety* ini digunakan untuk mengetahui nilai tingkatan keamanan dari tiap-tiap komponen. Guna menghindari terjadinya kegagalan proses produksi maupun kecelakaan kerja.

- Penentuan Nilai Lambda (λ) Masing-Masing Komponen

Setelah mendapatkan parameter distribusinya, kemudian menghitung nilai λ masing-masing komponen selama waktu operasi mulai dari 0 jam sampai 105120 jam. Cara

perhitungannya dapat dilihat pada bab sebelumnya sesuai distribusi yang digunakan.

- **Penentuan PFD dari Masing-Masing Komponen**

Setelah diketahui nilai laju kegagalan dari masing-masing komponen kemudian dilakukan perhitungan nilai PFD dari masing-masing komponen dengan menggunakan persamaan yang ada pada bab sebelumnya. Dari *range* nilai PFD tersebut dapat diketahui nilai SIL yang terdapat pada tiap-tiap komponen.

3.3.3 Evaluasi Manajemen Resiko

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengetahui evaluasi manajemen resiko seperti yang dijabarkan dibawah ini :

- **Penentuan Kriteria Resiko**

Dalam penentuan kriteria resiko menggunakan data *maintenance* yang ada di JOB P-PEJ. Karena penentuan resiko merupakan faktor penting dalam penelitian resiko. Penentuan kriteria resiko dibagi menjadi dua yaitu penentuan konsekuensi resiko dan penentuan nilai *likelihood* resiko.

- **Penentuan Konsekuensi Resiko (*Discontinuity Days*)**

Pada tahap ini adalah ditentukan konsekuensi resiko yang terjadi ketika komponen unit *Separator V-100* mengalami kerusakan. Penentuan nilai konsekuensi resiko dibagi menjadi dua yaitu berdasarkan kerugian waktu dan kerugian biaya perbaikan.

- ❖ **Kerugian Berdasarkan Waktu**

Nilai kerugian waktu ini dapat dicari dengan menggunakan persamaan dari MTTR. Kerugian ini disebabkan karena kerusakan yang menyebabkan waktu terbuang percuma.

❖ Kerugian Berdasarkan Biaya Perbaikan

Proses penentuan kerugian berdasarkan biaya perbaikan dengan cara melakukan wawancara langsung dengan pihak pemeliharaan pekerja di JOB P-PEJ.

➤ Penentuan *Likelihood* Resiko

Penentuan nilai likelihood resiko dilakukan dengan cara menggunakan perhitungan nilai MTTF dari tiap-tiap komponen dengan menggunakan persamaan yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Setelah diketahui nilai MTTF kemudian dapat dicari nilai *likelihood*.

• Penentuan Resiko Tenaga Kerja

Setelah didapatkan nilai konsekuensi resiko dan nilai *likelihood* resiko kemudian dapat dicari nilai total konsekuensi yang harus ditanggung JOB P-PEJ. Cara perhitungannya seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Kemudian didapatkan biaya konsekuensi resiko tenaga kerja berada dibawah atau di atas standart.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Hasil Identifikasi Komponen

Langkah awal dari analisis data yaitu pengidentifikasian komponen yang ada. Pada *Separator V-100*, terdapat 3 *loop* pengendalian, yaitu pengendalian *level* air, pengendalian *level* minyak, dan pengendalian tekanan gas. Masing-masing sistem pengendalian yang ada, dilengkapi dengan beberapa komponen, seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.1 Komponen pada *Separator V-100*

Komponen	Sistem Pengendalian		
	Level Air	Tekanan Gas	Level Minyak
<i>Sensor</i>	LT 102	PT 151	LT 101
<i>Controller</i>	LIC 102	PIC 151	LIC 101
<i>Aktuator</i>	LCV 102	PCV 151	LCV 101

4.2 Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif pada tugas akhir ini menggunakan *software reliasoft weibull ++6* dari *daily report* PT. JOB Pertamina Petrochina East Java dari tahun 2009 sampai 2013.

4.2.1 Analisis Kuantitatif LT 101

Data kegagalan LT 101 dari tahun 2009 hingga 2013 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Kerusakan LT 101

Planned Start	Planned Completion	TTR (Jam)	TBF (Jam)	TTF (Jam)
04-Mar-10	04-Mar-10	8	0	0
08-Sep-10	08-Sep-10	9	4416	4407
18-Jan-11	18-Jan-11	6	3120	3114
19-Jan-11	19-Jan-11	9	24	15
20-Jan-11	20-Jan-11	8	24	16

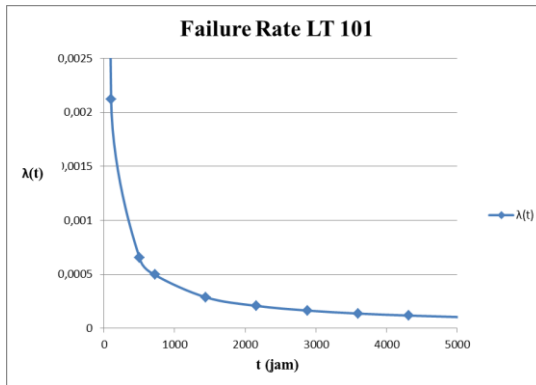
28-Jan-11	28-Jan-11	8	192	184
-----------	-----------	---	-----	-----

Dari pengujian distribusi dari data diatas didapatkan distribusi paling sesuai. Untuk data waktu kerusakan (TTF) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *lognormal* dengan $\mu = 5,426$ dan $\sigma = 2,9712$. Dengan menggunakan persamaan (2.10) didapatkan nilai MTTF = 18769,99. Sedangkan untuk data waktu perbaikan (TTR) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *weibull* dua parameter dengan $\beta = 7,816$ dan $\eta = 8,456$ sehingga didapatkan nilai MTTR = 8,999851.

Analisis kuantitatif yang dilakukan meliputi:

- Analisis Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

Perhitungan laju kegagalan sesuai dengan distribusi yang ditentukan, menggunakan persamaan (2.9). Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran A. Berikut grafik laju kegagalan LT 101 terhadap waktu.



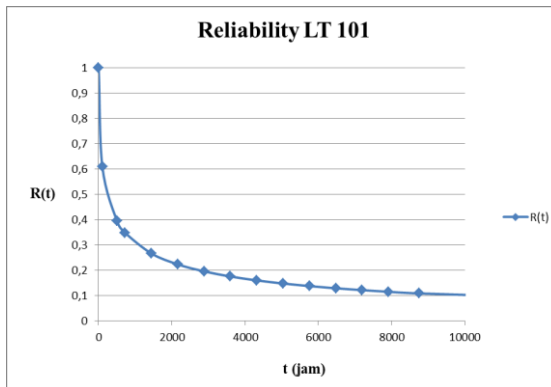
Gambar 4. 1 Grafik Laju Kegagalan LT 101

Berdasarkan gambar diatas, diketahui bahwa laju kegagalan komponen LT 101 mengalami penurunan, sehingga komponen tersebut dapat dikategorikan dalam fase *burn in*.

- Analisis Fungsi Keandalan (*Reliability*)

Fungsi keandalan untuk komponen LT 101, mengikuti model distribusi *lognormal*, dan dihitung menggunakan persamaan (2.8).

Nilai keandalan LT 101 dihitung dalam jangka waktu 0,001 sampai dengan 105.120 jam. Perhitungan nilai keandalan untuk masing-masing nilai (t) dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik fungsi kegagalan terhadap waktu seperti dibawah ini:



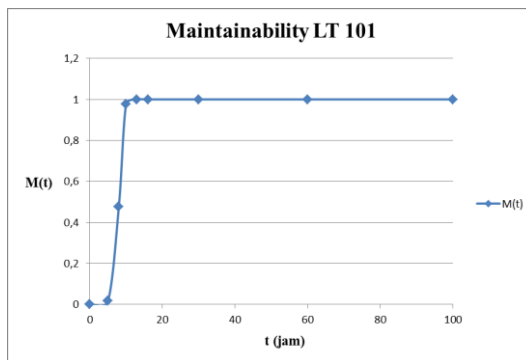
Gambar 4. 2 Grafik *Reliability* LT 101

Berdasarkan grafik keandalan diatas dapat dilihat bahwa keandalan komponen LT 101 mengalami penurunan hingga bernilai 0,2. Nilai tersebut menunjukkan bahwa peluang komponen LT 101 mengalami kegagalan dalam kurun waktu 2000 jam sangat besar. Besarnya peluang terjadinya kegagalan disebabkan pada komponen tersebut sering mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Namun setelah kurun waktu 2000 jam, komponen tersebut mengalami penurunan yang lambat. Hal tersebut karena setelah kurun waktu 2000 jam komponen LT 101 jarang mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Dari grafik tersebut terlihat bahwa LT 101 mencapai nilai keandalan yang diinginkan $R(t) = 0,8$ sebelum 1000 jam. Setelah itu, keandalan komponen mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bawa komponen dapat menjalankan fungsinya dengan baik sampai dengan 1000 jam.

- Analisis *Maintainability*

Maintainability komponen LT 101 dihitung dengan menggunakan model distribusi *weibull* 2 parameter, sesuai dengan persamaan (2.26).

Nilai *maintainability* LT 101 dihitung dalam jangka waktu 0,001 sampai dengan 8.760 jam. Perhitungan *maintainability* untuk masing-masing nilai t dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *maintainability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.3.



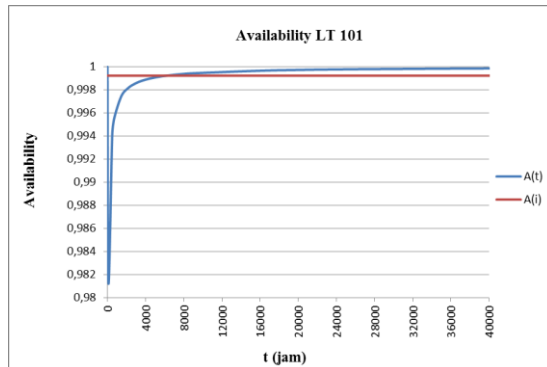
Gambar 4. 3 Grafik *Maintainability* LT 101

Berdasarkan grafik *maintainability* dapat dilihat bahwa pada komponen LT 101 memiliki nilai *maintainability* sebesar 1 atau 100% selama selang waktu perawatan 10 jam, sehingga komponen tersebut membutuhkan waktu maksimal 10 jam untuk dikembalikan ke kondisi semula (sebelum terjadi kerusakan). Jadi dengan singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maupun perbaikan komponen tersebut, maka waktu yang terbuang untuk melakukan proses produksi juga akan sedikit.

- Analisis *Availability*

Evaluasi *availability* $A(t)$ komponen LT 101 untuk berbagai nilai t (jam) dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan dalam lampiran C dan di *plot* dalam sebuah grafik hubungan antara

availability dengan waktu operasional yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini.



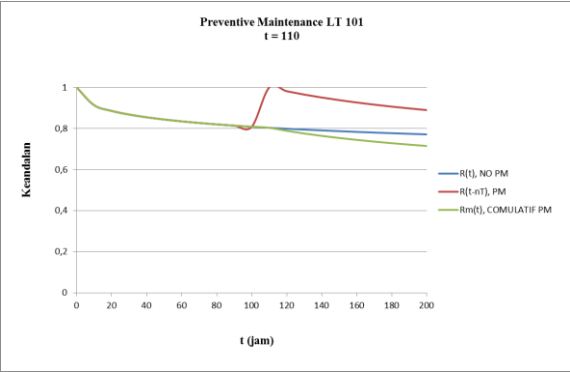
Gambar 4.4 Grafik *Availability* LT 101

Berdasarkan grafik *availability* diatas dapat dilihat bahwa komponen LT 101 memiliki *availability inharent* $[A(i)]$ sebesar 0,999211. Dimana nilai tersebut menunjukkan ketika komponen mengalami kerusakan selama waktu operasional, maka ketersediaan komponen cadangannya sudah tersedia dengan baik.

- Analisis *Reliability* LT 101 dengan *Preventive Maintenance*

Interval waktu melakukan *preventive maintenance* pada komponen LT 101 adalah 110 jam. Nilai *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.37) dan didapatkan hasilnya adalah 0,803678609.

Hasil perhitungan nilai *reliability* dengan *preventive maintenance* untuk berbagai nilai t dapat dilihat pada lampiran B. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *reliability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.3.



Gambar 4.5 Grafik *Preventive Maintenance* LT 101

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa komponen LT 101 dilakukan *preventive maintenance* setiap interval waktu 100 jam sekali. Interval waktu tersebut berguna untuk menjaga komponen LT 101 tersebut tetap berada pada keandalan minimum sebesar 0,8. Dengan semakin singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maka diharapkan frekuensi kerusakan komponen tersebut selama satu tahun akan berkurang dan dapat bekerja secara maksimal dalam kurun waktu 12 tahun.

4.2.2 Analisis Kuantitatif LIC 101

Data kegagalan LIC 101 dari tahun 2009 hingga 2013 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Data Kerusakan LIC 101

<i>Planed Start</i>	<i>Planned Completion</i>	TTR (Jam)	TBF (Jam)	TTF (Jam)
04-Mar-10	04-Mar-10	8	0	0
08-Sep-10	08-Sep-10	9	4416	4407
17-Jan-11	17-Jan-11	7	3144	3137
22-Okt-11	22-Okt-11	7	6672	6665
14-Apr-12	14-Apr-12	8	4200	4192
18-Feb-13	18-Feb-13	8	7440	7432

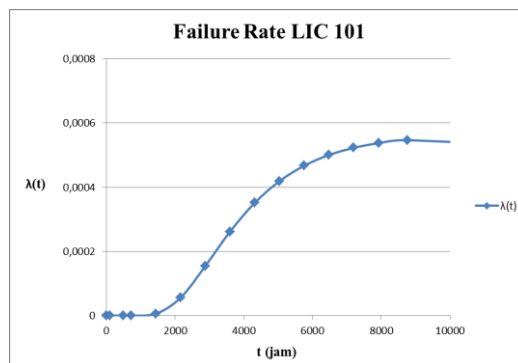
Dari pengujian distribusi dari data diatas didapatkan distribusi paling sesuai. Untuk data waktu kerusakan (TTF) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *lognormal* dengan $\mu = 8,502$ dan $\sigma = 0,397$. Dengan menggunakan persamaan (2.10) didapatkan nilai MTTF = 5318,808. Sedangkan untuk data waktu perbaikan (TTR) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *weibull* tiga parameter dengan $\beta = 2,5788$, $\eta = 2,3884$ dan $\gamma = 5,75$ sehingga didapatkan nilai MTTR = 8,695126 sesuai dengan persamaan (2.32).

Analisis kuantitatif yang dilakukan meliputi:

- Analisis Laju Kegagalan (*failure rate*)

Perhitungan laju kegagalan komponen LIC 101 menggunakan distribusi *lognormal*, sesuai dengan distribusi data waktu kerusakannya (TTF).

Laju kegagalan dihitung dengan variasi waktu dari 0,001 sampai dengan 105.120 jam. Hasil perhitungan ditampilkan dalam grafik hubungan antara laju kegagalan dan waktu.



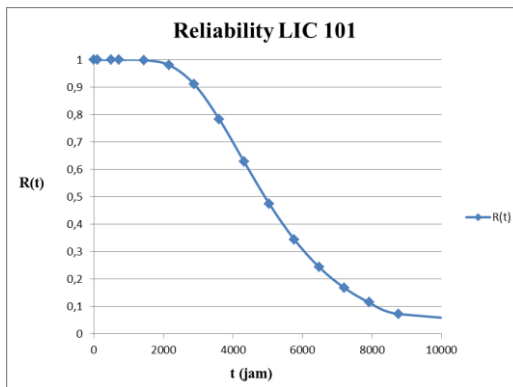
Gambar 4.6 Grafik Laju Kegagalan LIC 101

Dari gambar diatas, terlihat bahwa laju kegagalan komponen LIC 101 mengalami peningkatan. Semakin lama digunakan, laju keagalannya semakin besar. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *wear out*.

- Analisis Keandalan (*reliability*)

Fungsi keandalan untuk komponen LIC 101, mengikuti model distribusi *lognormal*, dan dihitung menggunakan persamaan (2.8).

Nilai keandalan LIC 101 dihitung dalam jangka waktu 0,001 sampai dengan 105.120 jam. Perhitungan nilai keandalan untuk masing-masing nilai (t) dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik fungsi kegagalan terhadap waktu.



Gambar 4.7 Grafik *Reliability* LIC 101

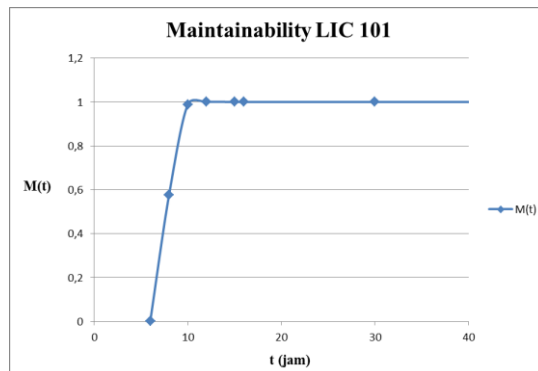
Berdasarkan grafik keandalan diatas dapat dilihat bahwa keandalan komponen LIC 101 mengalami penurunan hingga bernilai 0,9. Nilai tersebut menunjukkan bahwa peluang komponen LT 101 tidak mengalami kegagalan dalam kurun waktu 2000 jam sangat besar. Besarnya peluang tidak terjadinya kegagalan disebabkan pada komponen tersebut jarang mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Namun setelah kurun waktu 2000 jam, komponen tersebut mengalami penurunan yang drastis. Hal tersebut karena setelah kurun waktu 2000 jam komponen LIC 101 sering mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Dari grafik tersebut terlihat bahwa LIC 101 mencapai nilai keandalan yang diinginkan $R(t) = 0,8$ sebelum 4000 jam. Setelah itu, keandalan komponen mengalami penurunan. Hal ini

menunjukkan bahwa komponen dapat menjalankan fungsinya dengan baik sampai dengan 4000 jam.

- Analisis *Maintainability*

Maintainability komponen LIC 101 dihitung dengan menggunakan model distribusi *weibull* tiga parameter, sesuai dengan persamaan (2.27).

Nilai *maintainability* LIC 101 dihitung dalam jangka waktu 6 sampai dengan 8760 jam. Perhitungan *maintainability* untuk masing-masing nilai t dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *maintainability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.8.

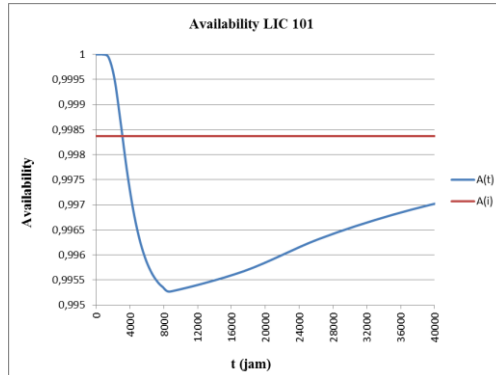


Gambar 4.8 Grafik *Maintainability* LIC 101

Berdasarkan grafik *maintainability* dapat dilihat bahwa pada komponen LIC 101 memiliki nilai *maintainability* sebesar 1 atau 100% selama selang waktu perawatan 12 jam, sehingga komponen tersebut membutuhkan waktu maksimal 12 jam untuk dikembalikan ke kondisi semula (sebelum terjadi kerusakan). Jadi dengan singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maupun perbaikan komponen tersebut, maka waktu yang terbuang untuk melakukan proses produksi juga akan sedikit.

- Analisis *Availability*

Analisis *availability* $A(t)$ komponen LIC 101 untuk berbagai nilai t (jam) dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan dalam lampiran C dan di plot dalam sebuah grafik hubungan antara *availability* dengan waktu operasional yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini.



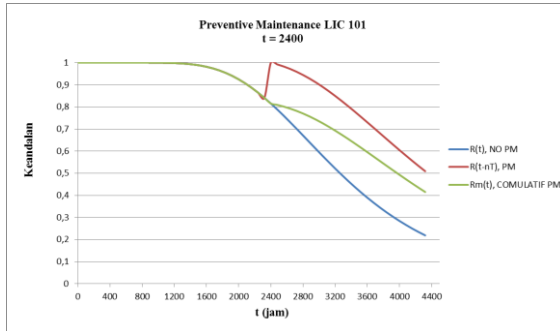
Gambar 4.9 Grafik *Availability* LIC 101

Berdasarkan grafik *availability* diatas dapat dilihat bahwa komponen LIC 101 memiliki *availability inharent* $A(i)$ sebesar 0,99837. Dimana nilai tersebut menunjukkan ketika komponen mengalami kerusakan selama waktu operasional, maka ketersediaan komponen cadangannya sudah tersedia dengan baik.

- Analisis *Reliability* dengan *Preventive Maintenance*

Interval waktu melakukan *preventive maintenance* pada komponen LIC 101 adalah 2400 jam. Nilai *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.31) dan didapatkan hasilnya adalah 0,815448563.

Hasil perhitungan nilai *reliability* dengan *preventive maintenance* untuk berbagai nilai t dapat dilihat pada lampiran B. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *reliability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik *Preventive Maintenance* LIC 101

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa komponen LIC 101 dilakukan *preventive maintenance* setiap interval waktu 2400 jam sekali. Interval waktu tersebut berguna untuk menjaga komponen LIC 101 tersebut tetap berada pada keandalan minimum sebesar 0,8. Dengan semakin singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maka diharapkan frekuensi kerusakan komponen tersebut selama satu tahun akan berkurang dan dapat bekerja secara maksimal dalam kurun waktu 12 tahun.

4.2.3 Analisis Kuantitatif LCV 101

Data kegagalan LCV 101 dari tahun 2009 hingga 2013 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Data Kerusakan LCV 101

<i>Planed Start</i>	<i>Planned Completion</i>	TTR (Jam)	TBF (Jam)	TTF (Jam)
28-Mei-09	28-Mei-09	6	0	0
16-Jun-09	16-Jun-09	6	432	426
04-Mar-10	04-Mar-10	8	6192	6184
08-Sep-10	08-Sep-10	9	4416	4407
13-Jan-11	13-Jan-11	10	3000	2990
14-Jan-11	14-Jan-11	9	24	15
18-Jan-11	18-Jan-11	6	96	90

24-Jan-11	24-Jan-11	8	144	136
26-Jan-11	26-Jan-11	6	48	42
15-Jul-11	15-Jul-11	6	4056	4050
11-Agu-11	11-Agu-11	3	624	621
26-Apr-12	26-Apr-12	6	6120	6114
26-Mei-13	26-Mei-13	6	9360	9354

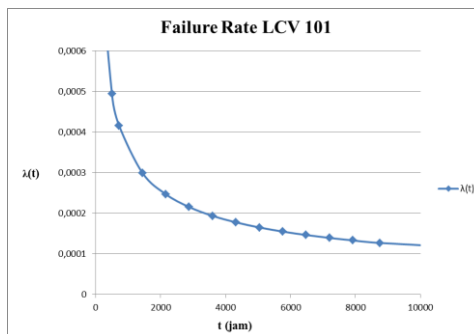
Dari pengujian distribusi dari data diatas didapatkan distribusi paling sesuai. Untuk data waktu kerusakan (TTF) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *weibull* dua parameter dengan $\beta = 0,5246$ dan $\eta = 2096,4273$. Dengan menggunakan persamaan (2.18) didapatkan nilai MTTF = 11133,5. Sedangkan untuk data waktu perbaikan (TTR) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *weibull* 2 parameter dengan $\beta = 4,1191$ dan $\eta = 7,4922$ sehingga didapatkan nilai MTTR = 8,4593 sesuai dengan persamaan (2.31)

Analisis kuantitatif yang dilakukan meliputi:

- Analisis Laju Kegagalan (*failure rate*)

Perhitungan laju kegagalan dengan distribusi *weibull* dua parameter, menggunakan persamaan (2.17). Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran A.

Laju kegagalan dihitung dengan variasi waktu dari 0,001 sampai dengan 105.120 jam. Hasil perhitungan ditampilkan dalam grafik hubungan antara laju kegagalan dan waktu.



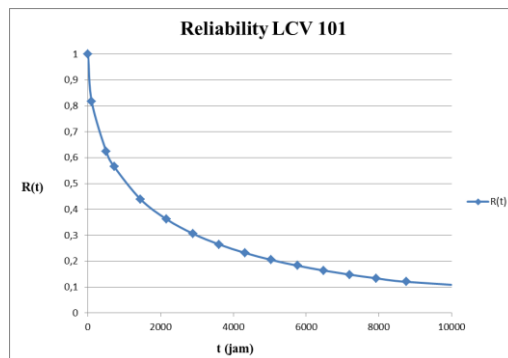
Gambar 4.11 Grafik Laju Kegagalan LCV 101

Dari gambar diatas, terlihat bahwa laju kegagalan komponen LCV 101 mengalami penurunan. Semakin lama digunakan, laju kegagalannya semakin kecil. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *burn in*.

- Analisis Keandalan (*reliability*)

Fungsi keandalan untuk komponen LCV 101, mengikuti model distribusi *weibull* dua parameter, dan dihitung menggunakan persamaan (2.16).

Nilai keandalan LCV 101 dihitung dalam jangka waktu 0 sampai dengan 105.120 jam. Perhitungan nilai keandalan untuk masing-masing nilai (t) dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik fungsi kegagalan terhadap waktu.



Gambar 4.12 Grafik *Reliability* LCV 101

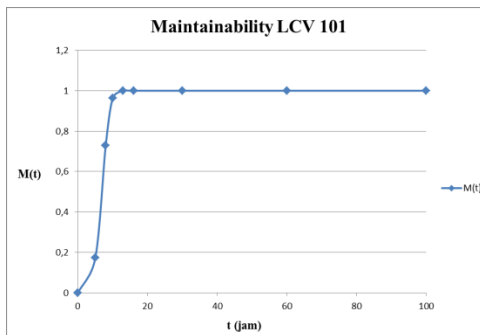
Berdasarkan grafik keandalan diatas dapat dilihat bahwa keandalan komponen LCV 101 mengalami penurunan hingga bernilai 0,3. Nilai tersebut menunjukkan bahwa peluang komponen LT 101 tidak mengalami kegagalan dalam kurun waktu 2000 jam sangat besar. Besarnya peluang tidak terjadinya kegagalan disebabkan pada komponen tersebut jarang mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Namun setelah kurun waktu 2000 jam, komponen tersebut mengalami penurunan yang lambat. Hal tersebut karena setelah kurun waktu 2000 jam komponen

LCV 101 jarang mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Dari grafik tersebut terlihat bahwa LCV 101 mencapai nilai keandalan yang diinginkan $R(t) = 0,8$ sebelum 500 jam. Setelah itu, keandalan komponen mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa komponen dapat menjalankan fungsinya dengan baik sampai dengan 500 jam.

- *Analisis Maintainability*

Maintainability komponen LCV 101 dihitung dengan menggunakan model distribusi *weibull* 2 parameter, sesuai dengan persamaan (2.26).

Nilai *maintainability* LCV 101 dihitung dalam jangka waktu 0,001 sampai dengan 8.760 jam. Perhitungan *maintainability* untuk masing-masing nilai t dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *maintainability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.13.



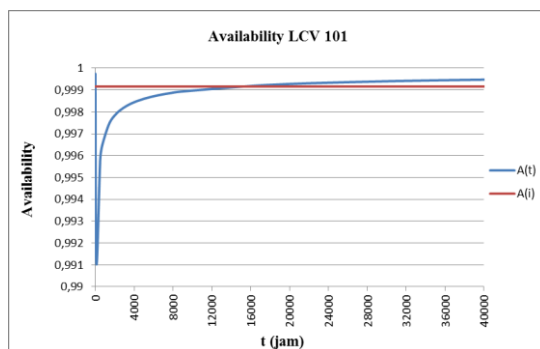
Gambar 4.13 Grafik *Maintainability* LCV 101

Berdasarkan grafik *maintainability* dapat dilihat bahwa pada komponen LCV 101 memiliki nilai *maintainability* sebesar 1 atau 100% selama selang waktu perawatan 10 jam, sehingga komponen tersebut membutuhkan waktu maksimal 10 jam untuk dikembalikan ke kondisi semula (sebelum terjadi kerusakan). Jadi dengan singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maupun perbaikan komponen tersebut, maka waktu

yang terbangun untuk melakukan proses produksi juga akan sedikit.

- Analisis *Availability*

Analisis *availability* $A(t)$ komponen LCV 101 untuk berbagai nilai t (jam) dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan dalam lampiran C dan di *plot* dalam sebuah grafik hubungan antara *availability* dengan waktu operasional yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini.



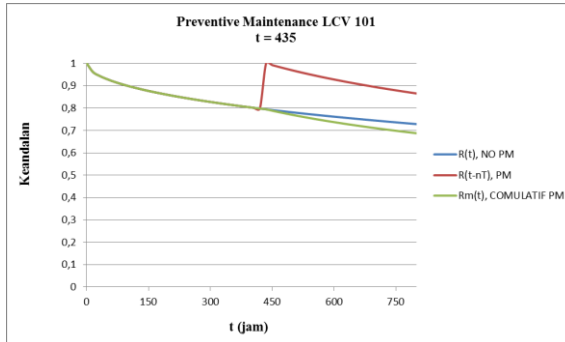
Gambar 4.14 Grafik *Availability* LCV 101

Berdasarkan grafik *availability* diatas dapat dilihat bahwa komponen LCV 101 memiliki *availability inharent* $[A(i)]$ sebesar 0,999162. Dimana nilai tersebut menunjukkan ketika komponen mengalami kerusakan selama waktu operasional, maka ketersediaan komponen cadangannya sudah tersedia dengan baik.

- Analisis *Reiliability* dengan *Preventive Maintenance*

Interval waktu melakukan *preventive maintenance* pada komponen LCV 101 adalah 435 jam. Nilai *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.37) dan didapatkan hasilnya adalah 0,794616226.

Hasil perhitungan nilai *reliability* dengan *preventive maintenance* untuk berbagai nilai t dapat dilihat pada lampiran B. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *reliability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Grafik *Preventive Maintenance* LCV 101

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa komponen LCV 101 dilakukan *preventive maintenance* setiap interval waktu 435 jam sekali. Interval waktu tersebut berguna untuk menjaga komponen LCV 101 tersebut tetap berada pada keandalan minimum sebesar 0,8. Dengan semakin singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maka diharapkan frekuensi kerusakan komponen tersebut selama satu tahun akan berkurang dan dapat bekerja secara maksimal dalam kurun waktu 12 tahun.

4.2.4 Analisis Kuantitatif LT 102

Data kegagalan LT 102 dari tahun 2009 hingga 2013 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Data Kerusakan LT 102

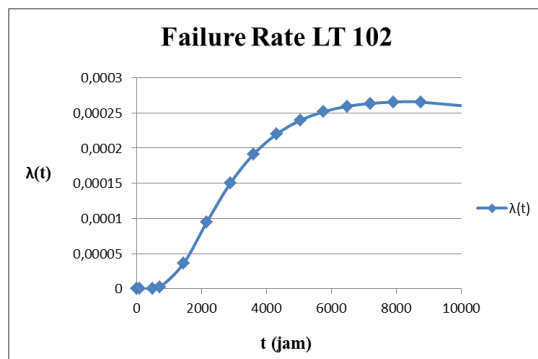
<i>Planned Start</i>	<i>Planned Completion</i>	TTR (Jam)	TBF (Jam)	TTF (Jam)
16-Agu-09	16-Agu-09	7	0	0
21-Des-09	21-Des-09	9	3048	3039
04-Jul-10	04-Jul-10	8	4680	4672
08-Des-11	08-Des-11	9	12528	12519
09-Jun-12	09-Jun-12	8	4416	4408
28-Feb-13	28-Feb-13	8	6336	6328

Dari pengujian distribusi dari data diatas didapatkan distribusi paling sesuai. Untuk data waktu kerusakan (TTF) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *lognormal* dengan $\mu = 8,6095$ dan $\sigma = 0,5874$. Dengan menggunakan persamaan (2.10) didapatkan nilai MTTF = 6516,022. Sedangkan untuk data waktu perbaikan (TTR) distribusi paling sesuai yaitu distribusi normal dengan $\mu = 8,1667$ dan $\sigma = 0,7922$ sehingga didapatkan nilai MTTR = 8,1667.

Analisis kuantitatif yang dilakukan meliputi:

- Analisis Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

Perhitungan laju kegagalan sesuai dengan distribusi yang ditentukan, menggunakan persamaan (2.9). Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran A. Berikut grafik laju kegagalan LT 102 terhadap waktu.



Gambar 4.16 Grafik Laju Kegagalan LT 102

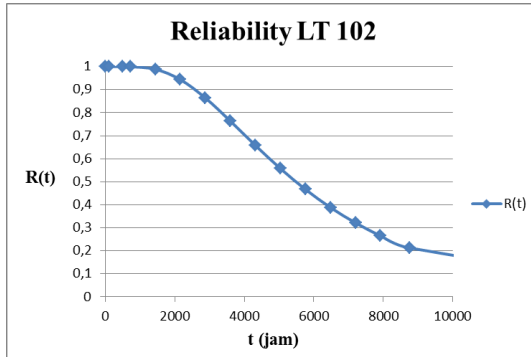
Berdasarkan gambar diatas, diketahui bahwa laju kegagalan komponen LT 102 mengalami peningkatan, sehingga komponen tersebut dapat dikategorikan dalam fase *wear out*.

- Analisis Fungsi Keandalan (*Reliability*)

Fungsi keandalan untuk komponen LT 102, mengikuti model distribusi *lognormal*, dan dihitung menggunakan persamaan (2.8).

Nilai keandalan LT 102 dihitung dalam jangka waktu 0,001 sampai dengan 105.120 jam. Perhitungan nilai keandalan untuk

masing-masing nilai (t) dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik fungsi kegagalan terhadap waktu seperti dibawah ini:



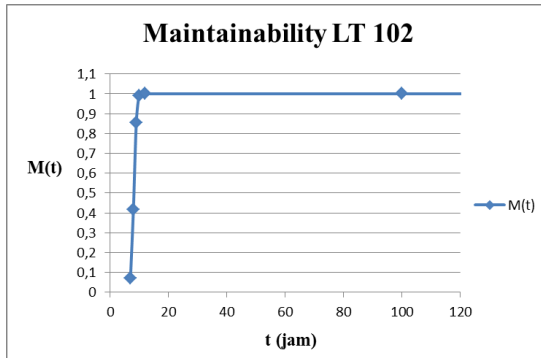
Gambar 4.17 Grafik *Reliability* LT 102

Berdasarkan grafik keandalan diatas dapat dilihat bahwa keandalan komponen LT 102 mengalami penurunan hingga bernilai 0,85. Nilai tersebut menunjukkan bahwa peluang komponen LT 102 tidak mengalami kegagalan dalam kurun waktu 2000 jam sangat besar. Besarnya peluang tidak terjadinya kegagalan disebabkan pada komponen tersebut jarang mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Namun setelah kurun waktu 2000 jam, komponen tersebut mengalami penurunan yang drastis. Hal tersebut karena setelah kurun waktu 2000 jam komponen LT 102 sering mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Dari grafik tersebut terlihat bahwa LT 102 mencapai nilai keandalan yang diinginkan $R(t) = 0,8$ sebelum 4000 jam. Setelah itu, keandalan komponen mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bawa komponen dapat menjalankan fungsinya dengan baik sampai dengan 4000 jam.

- *Analisis Maintainability*

Maintainability komponen LT 102 dihitung dengan menggunakan model distribusi normal, sesuai dengan persamaan (2.23).

Nilai *maintainability* LT 102 dihitung dalam jangka waktu 7 sampai dengan 103.680 jam. Perhitungan *maintainability* untuk masing-masing nilai t dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *maintainability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.18.

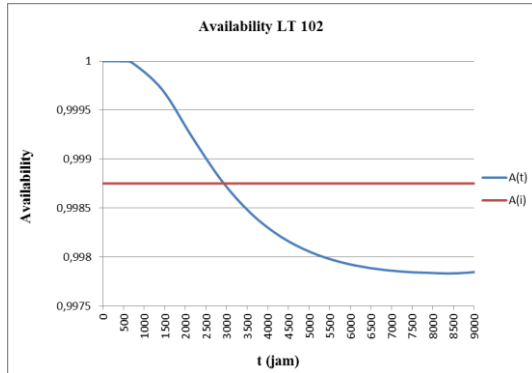


Gambar 4.18 Grafik *Maintainability* LT 102

Berdasarkan grafik *maintainability* dapat dilihat bahwa pada komponen LT 102 memiliki nilai *maintainability* sebesar 1 atau 100% selama selang waktu perawatan 10 jam, sehingga komponen tersebut membutuhkan waktu maksimal 10 jam untuk dikembalikan ke kondisi semula (sebelum terjadi kerusakan). Jadi dengan singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maupun perbaikan komponen tersebut, maka waktu yang terbuang untuk melakukan proses produksi juga akan sedikit.

- *Analisis Availability*

Analisis availability $A(t)$ komponen LT 102 untuk berbagai nilai t (jam) dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan dalam lampiran C dan di *plot* dalam sebuah grafik hubungan antara *availability* dengan waktu operasional yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini.



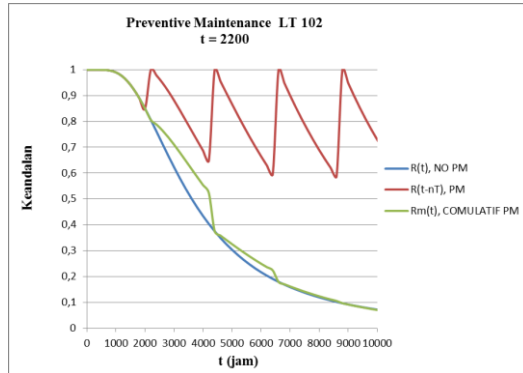
Gambar 4.19 Grafik *Availability* LT 102

Berdasarkan grafik *availability* diatas dapat dilihat bahwa komponen LT 102 memiliki *availability inharent* [$A(i)$] sebesar 0,99875. Dimana nilai tersebut menunjukkan ketika komponen mengalami kerusakan selama waktu operasional, maka ketersediaan komponen cadangannya sudah tersedia dengan baik.

- Analisis *Reliability* LT 102 dengan *Preventive Maintenance*

Interval waktu melakukan *preventive maintenance* pada komponen LT 102 adalah 2200 jam. Nilai *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.37) dan didapatkan hasilnya adalah 0,805906167.

Hasil perhitungan nilai *reliability* dengan *preventive maintenance* untuk berbagai nilai t dapat dilihat pada lampiran B. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *reliability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.20.



Gambar 4.20 Grafik *Preventive Maintenance* LT 102

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa komponen LT 102 dilakukan *preventive maintenance* setiap interval waktu 2200 jam sekali. Interval waktu tersebut berguna untuk menjaga komponen LT 102 tersebut tetap berada pada keandalan minimum sebesar 0,8. Dengan semakin singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maka diharapkan frekuensi kerusakan komponen tersebut selama satu tahun akan berkurang dan dapat bekerja secara maksimal dalam kurun waktu 12 tahun.

4.2.5 Analisis Kuantitatif LIC 102

Data kegagalan LIC 102 dari tahun 2009 hingga 2013 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 Data Kerusakan LIC 102

<i>Planned Start</i>	<i>Planned Completion</i>	TTR (Jam)	TBF (Jam)	TTF (Jam)
17-Feb-09	17-Feb-09	8	0	0
04-Mar-10	04-Mar-10	8	9120	9112
21-Mei-10	21-Mei-10	8	1872	1864
08-Sep-10	08-Sep-10	9	2640	2631
09-Sep-10	09-Sep-10	8	24	16
29-Jan-11	29-Jan-11	8	3408	3400

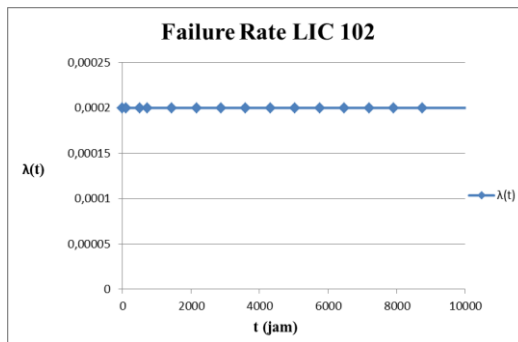
07-Jun-11	07-Jun-11	9	3096	3087
23-Mar-12	23-Mar-12	7	6960	6953

Dari pengujian distribusi dari data diatas didapatkan distribusi paling sesuai. Untuk data waktu kerusakan (TTF) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *eksponensial* dengan $\lambda = 0,0002$. Dengan menggunakan persamaan (2.14) didapatkan nilai MTTF = 5000. Sedangkan untuk data waktu perbaikan (TTR) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *lognormal* dengan $\mu = 2,0922$ dan $\sigma = 0,0781$ sehingga didapatkan nilai MTTR = 2,0922.

Analisis kuantitatif yang dilakukan meliputi:

- Analisis Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

Perhitungan laju kegagalan sesuai dengan distribusi yang ditentukan, menggunakan persamaan (2.13). Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran A. Berikut grafik laju kegagalan LIC 102 terhadap waktu.



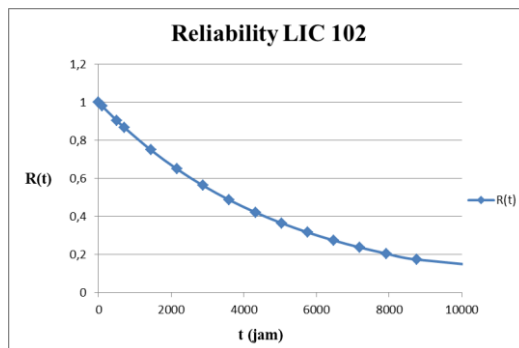
Gambar 4.21 Grafik Laju Kegagalan LIC 102

Berdasarkan gambar diatas, diketahui bahwa laju kegagalan komponen LIC 102 konstan, sehingga komponen tersebut dapat dikategorikan dalam fase *usefull life*.

- Analisis Fungsi Keandalan (*Reliability*)

Fungsi keandalan untuk komponen LIC 102, mengikuti model distribusi *eksponensial*, dan dihitung menggunakan persamaan (2.12).

Nilai keandalan LIC 102 dihitung dalam jangka waktu 0,001 sampai dengan 105.120 jam. Perhitungan nilai keandalan untuk masing-masing nilai (t) dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik fungsi kegagalan terhadap waktu seperti dibawah ini:



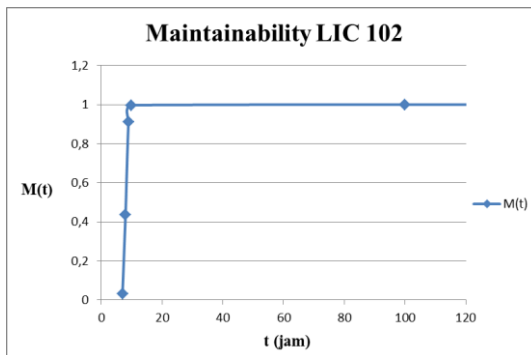
Gambar 4.24 Grafik *Reliability* LIC 102

Berdasarkan grafik keandalan diatas dapat dilihat bahwa keandalan komponen LIC 102 mengalami penurunan hingga bernilai 0,2. Nilai tersebut menunjukkan bahwa peluang komponen LIC 102 mengalami kegagalan dalam kurun waktu 9000 jam sangat besar. Besarnya peluang terjadinya kegagalan disebabkan pada komponen tersebut sering mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Dari grafik tersebut terlihat bahwa LIC 102 mencapai nilai keandalan yang diinginkan $R(t) = 0,8$ sebelum 1000 jam. Setelah itu, keandalan komponen mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bawa komponen dapat menjalankan fungsinya dengan baik sampai dengan 1000 jam.

- Analisis *Maintainability*

Maintainability komponen LIC 102 dihitung dengan menggunakan model distribusi *lognormal*, sesuai dengan persamaan (2.24).

Nilai *maintainability* LIC 102 dihitung dalam jangka waktu 7 sampai dengan 103.680 jam. Perhitungan *maintainability* untuk masing-masing nilai t dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *maintainability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.23.



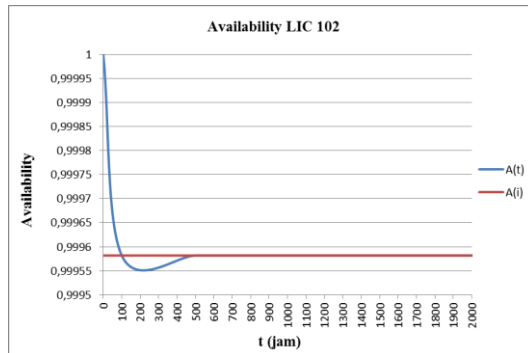
Gambar 4.25 Grafik *Maintainability* LIC 102

Berdasarkan grafik *maintainability* dapat dilihat bahwa pada komponen LIC 102 memiliki nilai *maintainability* sebesar 1 atau 100% selama selang waktu perawatan 10 jam, sehingga komponen tersebut membutuhkan waktu maksimal 10 jam untuk dikembalikan ke kondisi semula (sebelum terjadi kerusakan). Jadi dengan singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maupun perbaikan komponen tersebut, maka waktu yang terbuang untuk melakukan proses produksi juga akan sedikit.

- Analisis *Availability*

Analisis *availability* $A(t)$ komponen LIC 102 untuk berbagai nilai t (jam) dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan dalam lampiran C dan di *plot* dalam sebuah grafik hubungan antara

availability dengan waktu operasional yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini.

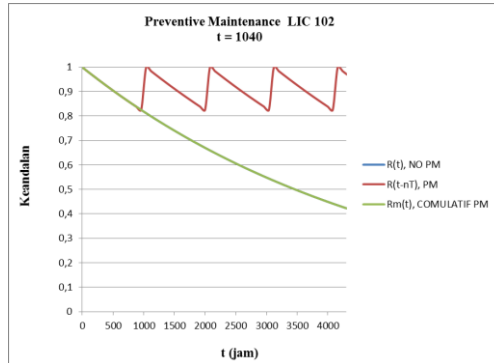


Gambar 4.24 Grafik *Availability* LIC 102

Berdasarkan grafik *availability* diatas dapat dilihat bahwa komponen LIC 102 memiliki *availability inherent* $[A(i)]$ sebesar 0,99958. Dimana nilai tersebut menunjukkan ketika komponen mengalami kerusakan selama waktu operasional, maka ketersediaan komponen cadangannya sudah tersedia dengan baik.

- Analisis *Reliability* LIC 102 dengan *Preventive Maintenance*
Interval waktu melakukan *preventive maintenance* pada komponen LIC 102 adalah 1040 jam. Nilai *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.37) dan didapatkan hasilnya adalah 0,812207037.

Hasil perhitungan nilai *reliability* dengan *preventive maintenance* untuk berbagai nilai t dapat dilihat pada lampiran B. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *reliability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.25.



Gambar 4.25 Grafik *Preventive Maintenance* LIC 102

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa komponen LIC 102 dilakukan *preventive maintenance* setiap interval waktu 1040 jam sekali. Akan tetapi karena distribusi yang paling baik digunakan dalam komponen LIC 102 adalah distribusi *ekspensial* maka dengan atau tanpa *preventive maintenance* hasil *reliability*nya akan sama saja. Hal tersebut dikarenakan $\lambda(t)$ konstan.

4.2.6 Analisis Kuantitatif LCV 102

Data kegagalan LCV 102 dari tahun 2009 hingga 2013 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Data Kerusakan LCV 102

Planned Start	Planned Completion	TTR (Jam)	TBF (Jam)	TTF (Jam)
12-Mei-09	12-Mei-09	6	0	0
20-Jun-09	20-Jun-09	6	936	930
12-Mar-10	12-Mar-10	3	6360	6357
15-Sep-10	15-Sep-10	8	4488	4480
05-Jan-11	05-Jan-11	8	2688	2680
19-Jan-11	19-Jan-11	8	336	328
22-Jan-11	22-Jan-11	8	72	64
28-Jan-11	28-Jan-11	8	144	136

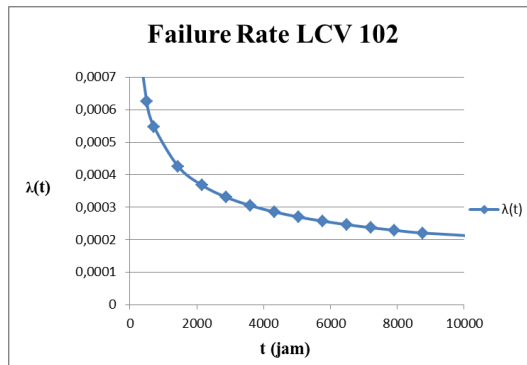
31-Jan-11	31-Jan-11	9	72	63
08-Mei-11	08-Mei-11	6	2328	2322

Dari pengujian distribusi dari data diatas didapatkan distribusi paling sesuai. Untuk data waktu kerusakan (TTF) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *weibull* dua parameter dengan $\beta = 0,6369$ dan $\eta = 1530,1058$. Dengan menggunakan persamaan (2.18) didapatkan nilai MTTF = 5497,956. Sedangkan untuk data waktu perbaikan (TTR) distribusi paling sesuai yaitu distribusi normal dengan $\mu = 7$ dan $\sigma = 1,7156$ sehingga didapatkan nilai MTTR = 7.

Analisis kuantitatif yang dilakukan meliputi:

- Analisis Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

Perhitungan laju kegagalan sesuai dengan distribusi yang ditentukan, menggunakan persamaan (2.17). Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran A. Berikut grafik laju kegagalan LCV 102 terhadap waktu.



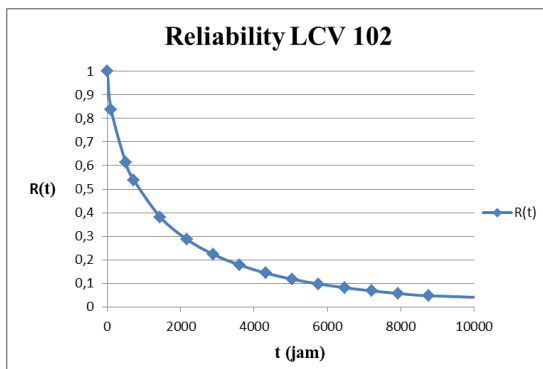
Gambar 4.26 Grafik Laju Kegagalan LCV 102

Berdasarkan gambar diatas, diketahui bahwa laju kegagalan komponen LCV 102 mengalami penurunan, sehingga komponen tersebut dapat dikategorikan dalam fase *burn in*.

- Analisis Fungsi Keandalan (*Reliability*)

Fungsi keandalan untuk komponen LCV 102, mengikuti model distribusi *weibull* dua parameter, dan dihitung menggunakan persamaan (2.16).

Nilai keandalan LCV 102 dihitung dalam jangka waktu 0,001 sampai dengan 105.120 jam. Perhitungan nilai keandalan untuk masing-masing nilai (t) dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik fungsi kegagalan terhadap waktu seperti dibawah ini:



Gambar 4.27 Grafik *Reliability* LCV 102

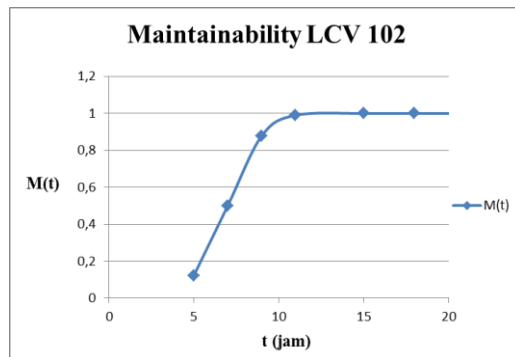
Berdasarkan grafik keandalan diatas dapat dilihat bahwa keandalan komponen LCV 102 mengalami penurunan hingga bernilai 0,2. Nilai tersebut menunjukkan bahwa peluang komponen LCV 102 mengalami kegagalan dalam kurun waktu 3000 jam sangat besar. Besarnya peluang terjadinya kegagalan disebabkan pada komponen tersebut sering mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Namun setelah kurun waktu 3000 jam, komponen tersebut mengalami penurunan yang lambat. Hal tersebut karena setelah kurun waktu 2000 jam komponen LCV 102 jarang mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Dari grafik tersebut terlihat bahwa LCV 102 mencapai nilai keandalan yang diinginkan $R(t) = 0,8$ sebelum 300 jam. Setelah itu, keandalan komponen mengalami penurunan. Hal ini

menunjukkan bahwa komponen dapat menjalankan fungsinya dengan baik sampai dengan 300 jam.

- *Analisis Maintainability*

Maintainability komponen LCV 102 dihitung dengan menggunakan model distribusi normal, sesuai dengan persamaan (2.23).

Nilai *maintainability* LCV 102 dihitung dalam jangka waktu 3 sampai dengan 103.680 jam. Perhitungan *maintainability* untuk masing-masing nilai t dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *maintainability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.28.

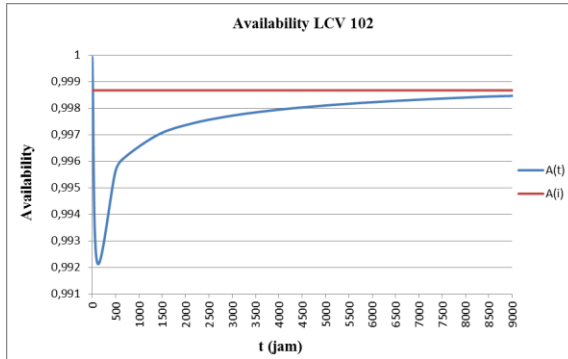


Gambar 4.28 Grafik *Maintainability* LCV 102

Berdasarkan grafik *maintainability* dapat dilihat bahwa pada komponen LCV 102 memiliki nilai *maintainability* sebesar 1 atau 100% selama selang waktu perawatan 12 jam, sehingga komponen tersebut membutuhkan waktu maksimal 12 jam untuk dikembalikan ke kondisi semula (sebelum terjadi kerusakan). Jadi dengan singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maupun perbaikan komponen tersebut, maka waktu yang terbuang untuk melakukan proses produksi juga akan sedikit.

- Analisis *Availability*

Analisis *availability* $A(t)$ komponen LCV 102 untuk berbagai nilai t (jam) dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan dalam lampiran C dan di plot dalam sebuah grafik hubungan antara *availability* dengan waktu operasional yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini.



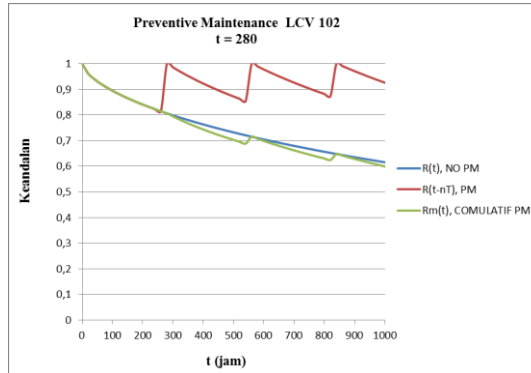
Gambar 4.29 Grafik *Availability* LCV 102

Berdasarkan grafik *availability* diatas dapat dilihat bahwa komponen LCV 102 memiliki *availability* inharent $[A(i)]$ sebesar 0,99868. Dimana nilai tersebut menunjukkan ketika komponen mengalami kerusakan selama waktu operasional, maka ketersediaan komponen cadangannya sudah tersedia dengan baik.

- Analisis *Reliability* LCV 102 dengan *Preventive Maintenance*

Interval waktu melakukan *preventive maintenance* pada komponen LCV 102 adalah 280 jam. Nilai *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.37) dan didapatkan hasilnya adalah 0,805790056.

Hasil perhitungan nilai *reliability* dengan *preventive maintenance* untuk berbagai nilai t dapat dilihat pada lampiran B. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *reliability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.30.



Gambar 4.30 Grafik *Preventive Maintenance* LCV 102

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa komponen LCV 102 dilakukan preventive maintenance setiap interval waktu 280 jam sekali. Interval waktu tersebut berguna untuk menjaga komponen LCV 102 tersebut tetap berada pada keandalan minimum sebesar 0,8. Dengan semakin singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maka diharapkan frekuensi kerusakan komponen tersebut selama satu tahun akan berkurang dan dapat bekerja secara maksimal dalam kurun waktu 12 tahun.

4.2.7 Analisis Kuantitatif PT 151

Data kegagalan PT 151 dari tahun 2009 hingga 2013 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.8 Data Kerusakan PT 151

Planned Start	Planned Completion	TTR (Jam)	TBF (Jam)	TTF (Jam)
04-Mar-10	04-Mar-10	8	0	0
10-Jan-11	10-Jan-11	5	7488	7483
24-Jan-11	24-Jan-11	8	336	328
03-Feb-11	03-Feb-11	8	240	232
29-Mar-11	29-Mar-11	9	1296	1287
08-Apr-12	08-Apr-12	8	9024	9016

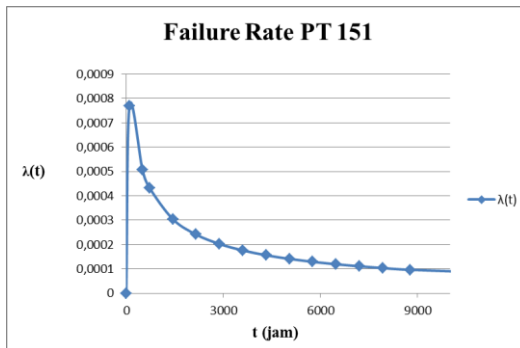
14-Mei-13	14-Mei-13	8	9624	9616
25-Mei-13	25-Mei-13	8	264	256

Dari pengujian distribusi dari data diatas didapatkan distribusi paling sesuai. Untuk data waktu kerusakan (TTF) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *lognormal* dengan $\mu = 7,3062$ dan $\sigma = 1,7962$. Dengan menggunakan persamaan (2.10) didapatkan nilai MTTF = 7475,375. Sedangkan untuk data waktu perbaikan (TTR) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *weibull* dua parameter dengan $\beta = 7,8125$ dan $\eta = 8,177$ sehingga didapatkan nilai MTTR = 8,70335.

Analisis kuantitatif yang dilakukan meliputi:

- Analisis Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

Perhitungan laju kegagalan sesuai dengan distribusi yang ditentukan, menggunakan persamaan (2.9). Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran A. Berikut grafik laju kegagalan PT 151 terhadap waktu.



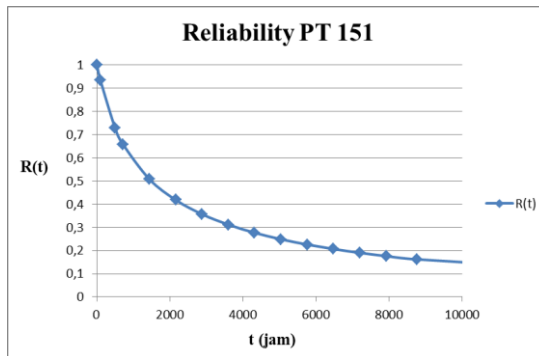
Gambar 4.31 Grafik Laju Kegagalan PT 151

Berdasarkan gambar diatas, diketahui bahwa laju kegagalan komponen PT 151 mengalami penurunan, sehingga komponen tersebut dapat dikategorikan dalam fase *burn in*.

- Analisis Fungsi Keandalan (*Reliability*)

Fungsi keandalan untuk komponen PT 151, mengikuti model distribusi *lognormal*, dan dihitung menggunakan persamaan (2.8).

Nilai keandalan PT 151 dihitung dalam jangka waktu 0,001 sampai dengan 105.120 jam. Perhitungan nilai keandalan untuk masing-masing nilai (t) dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik fungsi kegagalan terhadap waktu seperti dibawah ini:



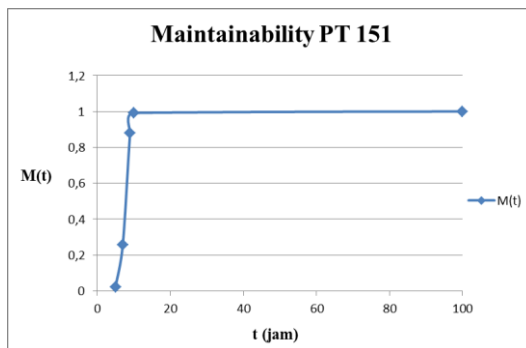
Gambar 4.32 Grafik *Reliability* PT 151

Berdasarkan grafik keandalan diatas dapat dilihat bahwa keandalan komponen PT 151 mengalami penurunan hingga bernilai 0,3. Nilai tersebut menunjukkan bahwa peluang komponen PT 151 mengalami kegagalan dalam kurun waktu 3500 jam sangat besar. Besarnya peluang terjadinya kegagalan disebabkan pada komponen tersebut sering mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Namun setelah kurun waktu 3500 jam, komponen tersebut mengalami penurunan yang lambat. Hal tersebut karena setelah kurun waktu 3500 jam komponen PT 151 jarang mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Dari grafik tersebut terlihat bahwa PT 151 mencapai nilai keandalan yang diinginkan $R(t) = 0,8$ sebelum 100 jam. Setelah itu, keandalan komponen mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bawa komponen dapat menjalankan fungsinya dengan baik sampai dengan 100 jam.

- *Analisis Maintainability*

Maintainability komponen PT 151 dihitung dengan menggunakan model distribusi *weibull* dua parameter, sesuai dengan persamaan (2.26).

Nilai *maintainability* PT 151 dihitung dalam jangka waktu 5 sampai dengan 103.680 jam. Perhitungan *maintainability* untuk masing-masing nilai t dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *maintainability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.33.



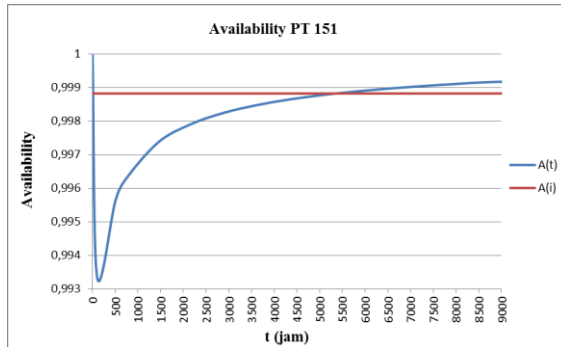
Gambar 4.33 Grafik *Maintainability* PT 151

Berdasarkan grafik *maintainability* dapat dilihat bahwa pada komponen PT 151 memiliki nilai *maintainability* sebesar 1 atau 100% selama selang waktu perawatan 10 jam, sehingga komponen tersebut membutuhkan waktu maksimal 10 jam untuk dikembalikan ke kondisi semula (sebelum terjadi kerusakan). Jadi dengan singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maupun perbaikan komponen tersebut, maka waktu yang terbuang untuk melakukan proses produksi juga akan sedikit.

- *Analisis Availability*

Analisis *availability* $A(t)$ komponen PT 151 untuk berbagai nilai t (jam) dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan dalam lampiran C dan di plot dalam sebuah grafik hubungan antara

availability dengan waktu operasional yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini.



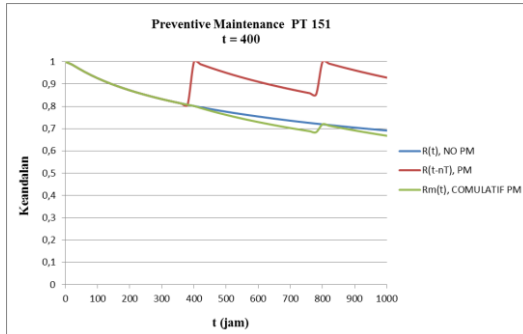
Gambar 4.34 Grafik Availability PT 151

Berdasarkan grafik availability diatas dapat dilihat bahwa komponen PT 151 memiliki availability inharent $[A(i)]$ sebesar 0,99882. Dimana nilai tersebut menunjukkan ketika komponen mengalami kerusakan selama waktu operasional, maka ketersediaan komponen cadangannya sudah tersedia dengan baik.

- Analisis Reliability PT 151 dengan *Preventive Maintenance*

Interval waktu melakukan *preventive maintenance* pada komponen PT 151 adalah 400 jam. Nilai *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.37) dan didapatkan hasilnya adalah 0,801459675.

Hasil perhitungan nilai *reliability* dengan *preventive maintenance* untuk berbagai nilai t dapat dilihat pada lampiran B. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *reliability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.35.



Gambar 4.35 Grafik *Preventive Maintenance* PT 151

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa komponen PT 151 dilakukan preventive maintenance setiap interval waktu 400 jam sekali. Interval waktu tersebut berguna untuk menjaga komponen PT 151 tersebut tetap berada pada keandalan minimum sebesar 0,8. Dengan semakin singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maka diharapkan frekuensi kerusakan komponen tersebut selama satu tahun akan berkurang dan dapat bekerja secara maksimal dalam kurun waktu 12 tahun.

4.2.8 Analisis Kuantitatif PIC 151

Data kegagalan PIC 151 dari tahun 2009 hingga 2013 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9 Data Kerusakan PIC 151

Planned Start	Planned Completion	TTR (Jam)	TBF (Jam)	TTF (Jam)
04-Mar-10	04-Mar-10	8	0	0
22-Jul-10	22-Jul-10	7	3360	3353
14-Apr-11	14-Apr-11	9	6384	6375
26-Apr-12	26-Apr-12	6	9072	9066

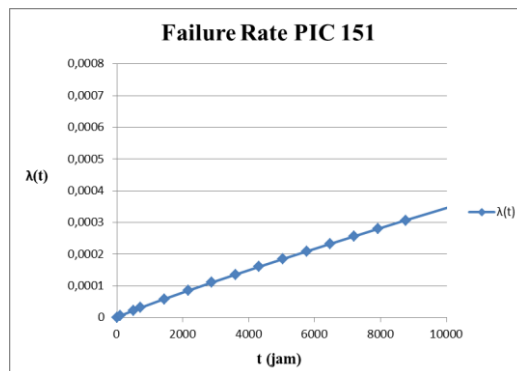
Dari pengujian distribusi dari data diatas didapatkan distribusi paling sesuai. Untuk data waktu kerusakan (TTF)

distribusi paling sesuai yaitu distribusi *weibull* dua parameter dengan $\beta = 1,9183$ dan $\eta = 7348,9105$. Dengan menggunakan persamaan (2.18) didapatkan nilai $MTTF = 9916,983$. Sedangkan untuk data waktu perbaikan (TTR) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *weibull* tiga parameter dengan $\beta = 2,7597$; $\eta = 4,2559$ dan $\gamma = 3,745$ sehingga didapatkan nilai $MTTR = 8,906317$.

Analisis kuantitatif yang dilakukan meliputi:

- Analisis Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

Perhitungan laju kegagalan sesuai dengan distribusi yang ditentukan, menggunakan persamaan (2.17). Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran A. Berikut grafik laju kegagalan PIC 151 terhadap waktu.



Gambar 4.36 Grafik Laju Kegagalan PIC 151

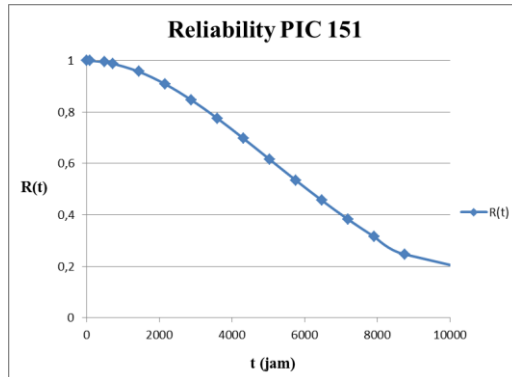
Berdasarkan gambar diatas, diketahui bahwa laju kegagalan komponen PIC 151 mengalami kenaikan, sehingga komponen tersebut dapat dikategorikan dalam fase *wear out*.

- Analisis Fungsi Keandalan (*Reliability*)

Fungsi keandalan untuk komponen PIC 151, mengikuti model distribusi weibull dua parameter, dan dihitung menggunakan persamaan (2.16).

Nilai keandalan PIC 151 dihitung dalam jangka waktu 0,001 sampai dengan 105.120 jam. Perhitungan nilai keandalan untuk

masing-masing nilai (t) dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik fungsi kegagalan terhadap waktu seperti dibawah ini:



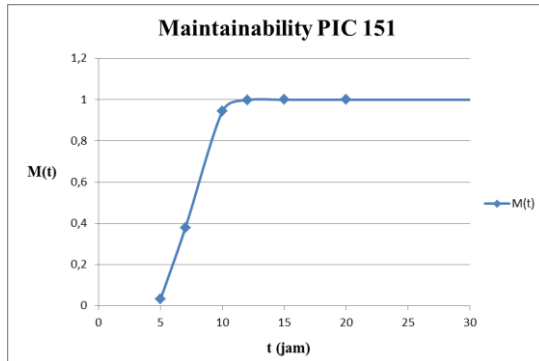
Gambar 4.37 Grafik *Reliability* PIC 151

Berdasarkan grafik keandalan diatas dapat dilihat bahwa keandalan komponen PIC 151 mengalami penurunan hingga bernilai 0,8. Nilai tersebut menunjukkan bahwa peluang komponen PT 151 tidak mengalami kegagalan dalam kurun waktu 2000 jam sangat besar. Besarnya peluang tidak terjadinya kegagalan disebabkan pada komponen tersebut jarang mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Namun setelah kurun waktu 2000 jam, komponen tersebut mengalami penurunan yang drastis. Hal tersebut karena setelah kurun waktu 2000 jam komponen PIC 151 sering mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Dari grafik tersebut terlihat bahwa PIC 151 mencapai nilai keandalan yang diinginkan $R(t) = 0,8$ sebelum 4000 jam. Setelah itu, keandalan komponen mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bawa komponen dapat menjalankan fungsinya dengan baik sampai dengan 4000 jam.

- *Analisis Maintainability*

Maintainability komponen PIC 151 dihitung dengan menggunakan model distribusi *weibull* tiga parameter, sesuai dengan persamaan (2.27).

Nilai *maintainability* PIC 151 dihitung dalam jangka waktu 5 sampai dengan 103.680 jam. Perhitungan *maintainability* untuk masing-masing nilai t dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *maintainability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.38.

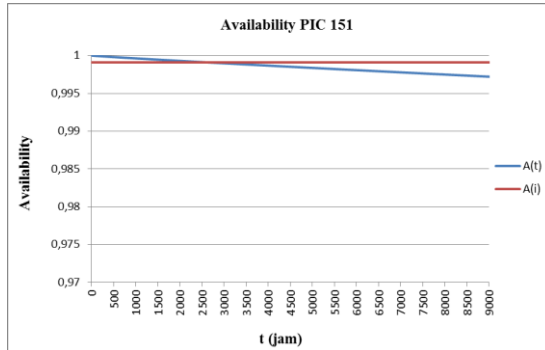


Gambar 4.38 Grafik *Maintainability* PIC 151

Berdasarkan grafik *maintainability* dapat dilihat bahwa pada komponen PIC 151 memiliki nilai *maintainability* sebesar 1 atau 100% selama selang waktu perawatan 12 jam, sehingga komponen tersebut membutuhkan waktu maksimal 12 jam untuk dikembalikan ke kondisi semula (sebelum terjadi kerusakan). Jadi dengan singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maupun perbaikan komponen tersebut, maka waktu yang terbuang untuk melakukan proses produksi juga akan sedikit.

- *Analisis Availability*

Analisis *availability* $A(t)$ komponen PIC 151 untuk berbagai nilai t (jam) dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan dalam lampiran C dan di plot dalam sebuah grafik hubungan antara *availability* dengan waktu operasional yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini.



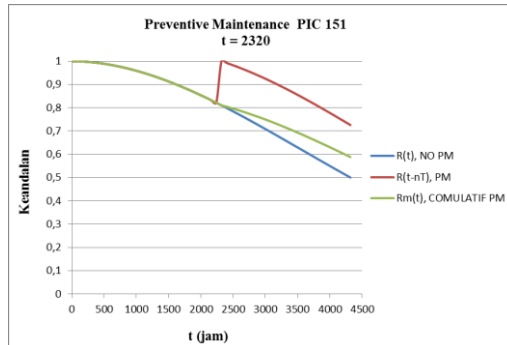
Gambar 4.39 Grafik *Availability* PIC 151

Berdasarkan grafik *availability* diatas dapat dilihat bahwa komponen PT 151 memiliki *availability* inharent [$A(i)$] sebesar 0,9991. Dimana nilai tersebut menunjukkan ketika komponen mengalami kerusakan selama waktu operasional, maka ketersediaan komponen cadangannya sudah tersedia dengan baik.

- Analisis Reliability PIC 151 dengan *Preventive Maintenance*

Interval waktu melakukan *preventive maintenance* pada komponen PIC 151 adalah 2320 jam. Nilai *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.37) dan didapatkan hasilnya adalah 0,810530411.

Hasil perhitungan nilai *reliability* dengan *preventive maintenance* untuk berbagai nilai t dapat dilihat pada lampiran B. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *reliability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.40.



Gambar 4.40 Grafik *Preventive Maintenance* PIC 151

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa komponen PIC 151 dilakukan preventive maintenance setiap interval waktu 2320 jam sekali. Interval waktu tersebut berguna untuk menjaga komponen PIC 151 tersebut tetap berada pada keandalan minimum sebesar 0,8. Dengan semakin singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maka diharapkan frekuensi kerusakan komponen tersebut selama satu tahun akan berkurang dan dapat bekerja secara maksimal dalam kurun waktu 12 tahun.

4.2.9 Analisis Kuantitatif PCV 151

Data kegagalan PCV 151 dari tahun 2009 hingga 2013 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 Data Kerusakan PCV 151

Planned Start	Planned Completion	TTR (Jam)	TBF (Jam)	TTF (Jam)
04-Mar-11	04-Mar-11	8	0	0
11-Jan-11	11-Jan-11	8	7512	7504
12-Jan-11	12-Jan-11	8	24	16
22-Jan-11	22-Jan-11	7	240	233
15-Jul-11	15-Jul-11	6	4176	4170
16-Jul-12	16-Jul-12	6	8808	8802

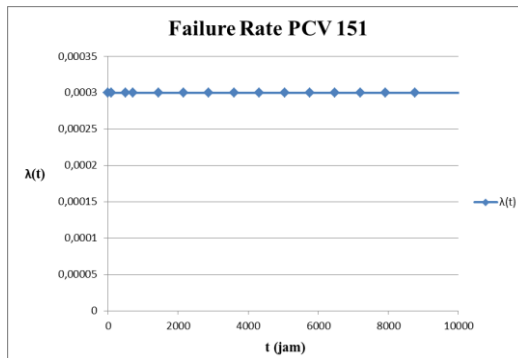
18-Okt-12	18-Okt-12	4	2256	2252
11-Jan-13	11-Jan-13	6	2040	2034
28-Mar-13	28-Mar-13	8	1824	1816
29-Dec-13	29-Dec-13	10	6624	6614

Dari pengujian distribusi dari data diatas didapatkan distribusi paling sesuai. Untuk data waktu kerusakan (TTF) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *eksponensial* dengan $\lambda = 0,0003$. Dengan menggunakan persamaan (2.14) didapatkan nilai MTTF = 9916,983. Sedangkan untuk data waktu perbaikan (TTR) distribusi paling sesuai yaitu distribusi *normal* dengan $\mu = 7,1$ dan $\sigma = 1,7316$ sehingga didapatkan nilai MTTR = 7,1.

Analisis kuantitatif yang dilakukan meliputi:

- Analisis Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

Perhitungan laju kegagalan sesuai dengan distribusi yang ditentukan, menggunakan persamaan (2.13). Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran A. Berikut grafik laju kegagalan PCV 151 terhadap waktu.



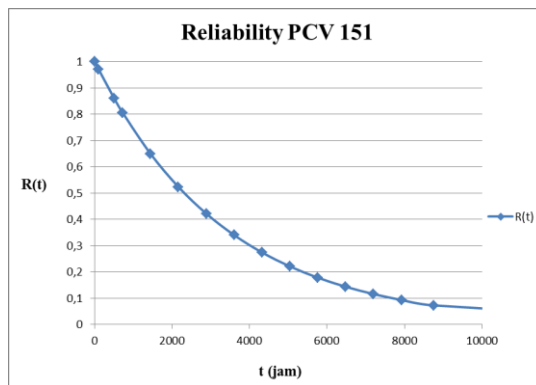
Gambar 4.41 Grafik Laju Kegagalan PCV 151

Berdasarkan gambar diatas, diketahui bahwa laju kegagalan komponen PCV 151 konstan, sehingga komponen tersebut dapat dikategorikan dalam *usefull life*.

- Analisis Fungsi Keandalan (*Reliability*)

Fungsi keandalan untuk komponen PCV 151, mengikuti model distribusi *eksponensial*, dan dihitung menggunakan persamaan (2.12).

Nilai keandalan PCV 151 dihitung dalam jangka waktu 0,001 sampai dengan 105.120 jam. Perhitungan nilai keandalan untuk masing-masing nilai (t) dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik fungsi kegagalan terhadap waktu seperti dibawah ini:



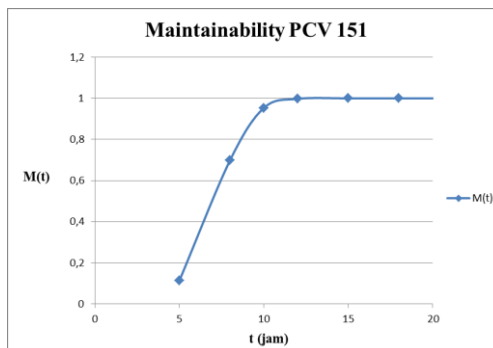
Gambar 4.42 Grafik *Reliability* PCV 151

Berdasarkan grafik keandalan diatas dapat dilihat bahwa keandalan komponen PCV 151 terus mengalami penurunan hingga bernilai 0,1. Nilai tersebut menunjukkan bahwa peluang komponen PCV 151 mengalami kegagalan dalam kurun waktu 9000 jam sangat besar. Besarnya peluang terjadinya kegagalan disebabkan pada komponen tersebut sering mengalami kerusakan dalam proses kerjanya. Dari grafik tersebut terlihat bahwa PCV 151 mencapai nilai keandalan yang diinginkan $R(t) = 0,8$ sebelum 500 jam. Setelah itu, keandalan komponen mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bawa komponen dapat menjalankan fungsinya dengan baik sampai dengan 500 jam.

- Analisis *Maintainability*

Maintainability komponen PCV 151 dihitung dengan menggunakan model distribusi normal, sesuai dengan persamaan (2.23).

Nilai *maintainability* PCV 151 dihitung dalam jangka waktu 5 sampai dengan 103.680 jam. Perhitungan *maintainability* untuk masing-masing nilai t dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *maintainability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.43.



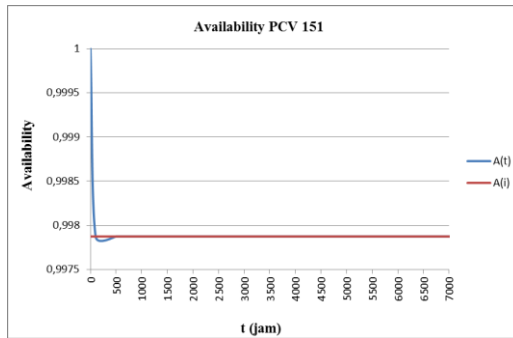
Gambar 4.43 Grafik *Maintainability* PCV 151

Berdasarkan grafik *maintainability* dapat dilihat bahwa pada komponen PCV 151 memiliki nilai *maintainability* sebesar 1 atau 100% selama selang waktu perawatan 12 jam, sehingga komponen tersebut membutuhkan waktu maksimal 12 jam untuk dikembalikan ke kondisi semula (sebelum terjadi kerusakan). Jadi dengan singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan maupun perbaikan komponen tersebut, maka waktu yang terbuang untuk melakukan proses produksi juga akan sedikit.

- Analisis *Availability*

Analisis *availability* $A(t)$ komponen PCV 151 untuk berbagai nilai t (jam) dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan dalam lampiran C dan di plot dalam sebuah grafik hubungan antara

availability dengan waktu operasional yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini.



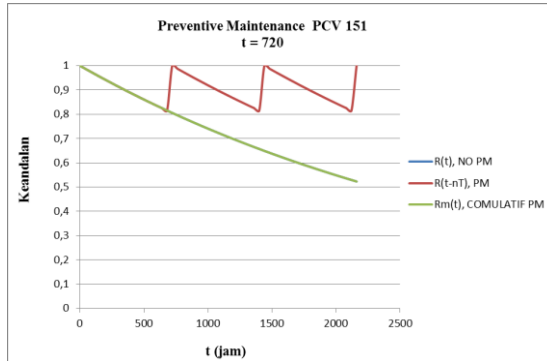
Gambar 4.44 Grafik *Availability* PCV 151

Berdasarkan grafik availability diatas dapat dilihat bahwa komponen PCV 151 memiliki availability inharent [$A(i)$] sebesar 0,99787. Dimana nilai tersebut menunjukkan ketika komponen mengalami kerusakan selama waktu operasional, maka ketersediaan komponen cadangannya sudah tersedia dengan baik.

- Analisis Reliability PCV 151 dengan *Preventive Maintenance*

Interval waktu melakukan *preventive maintenance* pada komponen PCV 151 adalah 720 jam. Nilai *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.37) dan didapatkan hasilnya adalah 0,805735302.

Hasil perhitungan nilai *reliability* dengan *preventive maintenance* untuk berbagai nilai t dapat dilihat pada lampiran B. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik antara *reliability* dan t (jam) seperti pada gambar 4.45.



Gambar 4.45 Grafik *Preventive Maintenance* PCV 151

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa komponen PCV 151 dilakukan preventive maintenance setiap interval waktu 720 jam sekali. Akan tetapi karena distribusi yang paling baik digunakan dalam komponen PCV 151 adalah distribusi eksponensial, maka dengan atau tanpa preventive maintenance hasil reliabilitasnya akan memiliki hasil yang sama. Hal tersebut dikarenakan $\lambda(t)$ konstan.

4.3 Analisis Keamanan

Analisis keamanan ini berupa penentuan Probability Failure on Demand (PFD), Failure Rate (λ) dan Safety Integrity Level (SIL) pada komponen-komponen yang terdapat didalam Separator V-100. Misalnya untuk perhitungan PFD pada komponen LT 101 selama 8760 jam atau 1 tahun :

$$PFD = \frac{\lambda(t) \times Ti}{2} = \frac{0,0243 \times 8760}{2} = 0,0000121$$

Berikut ini hasil perhitungan PFD, Failure Rate dan Risk Reduction Factor (RRF) selama 8760 jam dan 105.120 jam :

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Analisa Keamanan untuk
Komponen Separator V-100 pada Saat $T_i = 8760$ jam
dan $T_i = 105.120$ jam

Tools	t (hours)	$\lambda(t)$	PFD	RRF	SIL
LT 101	8760	6,57755E-05	0,288096	3,471057	SIL 1
	105120	7,88107E-06	0,41422	2,414122	SIL 1
LIC 101	8760	0,000546686	2,394485	0,417626	SIL 1
	105120	0,000189116	9,939948	0,100604	SIL 1
LCV 101	8760	0,000126798	0,555376	1,800579	SIL 1
	105120	3,91668E-05	2,05860	0,485764	SIL 1
LT 102	8760	0,000265431	1,162588	0,860149	SIL 1
	105120	8,52529E-05	4,480894	0,223169	SIL 1
LIC 102	8760	0,0002	0,876	1,141552	SIL 1
	105120	0,0002	10,512	0,095129	SIL 1
LCV 102	8760	0,000220902	0,967549	1,033539	SIL 1
	105120	9,00582E-05	4,733459	0,211261	SIL 1
PT 151	8760	9,62603E-05	0,421620	2,371802	SIL 1
	105120	1,44888E-05	0,761531	1,313143	SIL 1
PIC 151	8760	0,00030672	1,343434	0,744360	SIL 1
	105120	0,002966564	155,9226	0,006413	SIL 1
PCV 151	8760	0,0003	1,314	0,761035	SIL 1
	105120	0,0003	15,768	0,063419	SIL 1

Tabel 4.11 merupakan hasil perhitungan analisa keamanan untuk komponen-komponen Separator V-100 pada saat interval waktu 8760 jam dan 105.120 jam. Pada saat 8760 jam hasil perhitungan tersebut memperlihatkan bahwa komponen

yang memiliki failure rate paling besar adalah komponen LIC 101 dengan nilai sebesar 0,000546686; yang memiliki PFD paling besar adalah komponen LIC 101 dengan nilai sebesar 2,394485; sedangkan yang memiliki nilai RRF paling kecil adalah komponen LIC 101 dengan nilai sebesar 0,417626. Pada saat 105.120 jam hasil perhitungan tersebut memperlihatkan bahwa komponen yang memiliki failure rate paling besar adalah komponen PIC 151 dengan nilai sebesar 0,002966564; yang memiliki PFD paling besar adalah komponen PIC 151 dengan nilai sebesar 155,9226; sedangkan yang memiliki nilai RRF paling kecil adalah komponen PIC 151 dengan nilai sebesar 0,006413.

Dari hasil perhitungan pada tabel diatas, terlihat bahwa semakin besar failure rate suatu komponen maka kemungkinan terjadinya failure akan semakin besar dan tingkat penurunan risikonya akan semakin kecil. Begitu juga dengan semakin sering suatu peralatan dilakukan test, maka kemungkinan terjadinya failure akan semakin kecil dan tingkat penurunan risikonya semakin besar.

Dari analisis keamanan diatas dapat dilihat bahwa setiap komponen Separator V-100 memiliki tingkat keamanan yang rendah. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan tingginya nilai PFD dari komponen Separator V-100 tersebut.

4.4 Analisis Manajemen Resiko

Dilakukan analisa manajemen resiko pada sistem pengendalian *Separator V-100* agar dapat mengetahui berapa besar resiko yang ditanggung perusahaan jika ada komponen mengalami kegagalan. Untuk mencari nilai resiko harus terlebih dahulu mengetahui nilai *risk assesment*, itu merupakan proses *saverity* atau identifikasi nilai kerusakan, serta analisa resiko. Didalam pengidentifikasian kerusakan juga terlebih dahulu mencari nilai *likelihood* resiko dan konsekuensi resiko seperti kerugian biaya dan waktu.

4.4.1 Penentuan likelihood Resiko

Dalam penentuan likelihood resiko waktu yang digunakan selama satu tahun. Likelihood sendiri bergantung dari frekuensi

kerusakan dalam plant selama waktu operasional. Cara mencari nilai likelihood berdasarkan distribusi yang sudah dicari pada bab sebelumnya dari tiap-tiap komponen. Dari hasil perhitungan distribusi itu untuk mencari nilai MTTF. Sedangkan persamaan yang dapat digunakan dalam mencari nilai likelihood seperti pada persamaan (2.41). Dibawah ini merupakan tabel nilai *likelihood* dari tiap komponen sistem pengendalian level separator selama 12 tahun.

Tabel 4.12 Nilai MTTF dan Likelihood Resiko Pada Komponen Sistem Pengendalian Separator V-100

Nama Komponen	MTTF (jam)	Likelihood (12 tahun)
LT 101	18769,99231	5,600428506
LIC 101	5318,808016	19,76382672
LCV 101	11133,49581	9,44177838
LT 102	6516,022221	16,13254167
LIC 102	5000	21,024
LCV 102	5497,956228	19,11983211
PT 151	7475,357476	14,06220376
PIC 151	9916,983049	10,59999795
PCV 151	3333,333333	31,536

Tabel 4.12 merupakan hasil perhitungan likelihood resiko dan waktu rata-rata komponen-komponen Separator V-100 mengalami kerusakan. Dari hasil tersebut terlihat bahwa komponen PCV 151 memiliki frekuensi kerusakan paling besar, yaitu sebesar 31,536 kali selama kurun waktu 12 tahun. Sementara itu, komponen komponen LT 101 memiliki waktu rata-rata kerusakan (MTTF) paling besar, dengan nilai sebesar 18769,99231 jam. Berdasarkan perhitungan diatas menunjukkan bahwa semakin besar nilai MTTF nya, maka frekuensi kerusakan komponen Separator V-100 akan semakin kecil. Disini menunjukkan bahwa komponen yang memiliki nilai MTTF besar

akan jarang sekali mengalami kerusakan dalam kurun waktu 12 tahun operasional.

4.4.2 Penentuan Konsekuensi Resiko

Penentuan konsekuensi resiko terbagi atas beberapa tahap penentuan nilai kerugian berdasarkan waktu, biaya perbaikan dan biaya tenaga kerja. Kerugian-kerugian tersebut dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini:

- **Kerugian berdasarkan waktu**

Jika terjadi suatu kerusakan akan mengakibatkan kerugian waktu yang terbuang secara sia-sia. Untuk mencari kerugian waktu dapat dicari dengan menggunakan MTTR. MTTR dapat dicari dari nilai TTR kemudian didistribusikan *direliasoft weibull*. Dibawah ini merupakan tabel hasil perhitungan nilai likelihood dari tiap komponen sistem pengendalian dan nilai MTTR setiap tahunnya.

Tabel 4.13 Nilai MTTR dan Likelihood Resiko Pada Komponen Sistem Pengendalian Separator V-100

Nama Komponen	MTTR (jam)	Likelihood (1 tahun)
LT 101	8,999851318	0,111112947
LIC 101	8,695125548	0,115006965
LCV 101	8,459313737	0,118212899
LT 102	8,1667	0,12244848
LIC 102	2,0922	0,477965778
LCV 102	7	0,142857143
PT 151	8,703349565	0,114898292
PIC 151	8,906317389	0,112279852
PCV 151	7,1	0,14084507

Tabel 4.13 merupakan hasil perbandingan nilai likelihood resiko dan waktu rata-rata perbaikan komponen-komponen Separator V-100. Dari hasil tersebut terlihat bahawa komponen LT 101 memiliki waktu rata-rata perbaikan paling besar, yaitu

sebesar 8,999851318 jam. Dengan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan, maka komponen tersebut mengalami kerugian berdasarkan waktu yang cukup besar. Dimana kerugian waktu tersebut akan menyebabkan jumlah jam operasional komponen tersebut juga akan berkurang, sehingga juga akan berdampak pada proses produksi di JOB P-PEJ.

• Kerugian Berdasarkan Biaya Perbaikan

Selain kerugian terhadap waktu juga harus memperhatikan kerugian terhadap biaya penggantian komponen. Biaya penggantian komponen merupakan biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan dalam pengadaan komponen sampai komponen dalam dipergunakan kembali. Dibawah ini merupakan harga masingmasing dari komponen yang terpasang.

Tabel 4.14 Biaya Penggantian Pada Komponen Sistem Pengendalian Separator V-100

Nama Komponen	Biaya Penggantian Komponen
LT 101	Rp. 34.400.000,00
LIC 101	Rp. 36.550.000,00
LCV 101	Rp. 41.800.000,00
LT 102	Rp. 37.200.000,00
LIC 102	Rp. 39.480.000,00
LCV 102	Rp. 40.700.000,00
PT 151	Rp. 34.000.000,00
PIC 151	Rp. 37.250.000,00
PCV 151	Rp. 45.660.000,00
TOTAL	Rp. 347.040.000,00

• Biaya Tenaga Kerja

Kerugian biaya tenaga kerja diperhitungkan berdasarkan banyaknya biaya tenaga kerja yang melakukan perbaikan dan upah yang diberikan untuk setiap tenaga kerja yang menangani

perbaikan komponen LCV 101, LT 101 dan LIC 101, LT 102, LIC 102, LCV 102, PT 151, PIC 151 dan PCV 151. Setiap perbaikan komponen memiliki upah yang berbeda-beda seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Rincian Banyaknya Tenaga Kerja dan Upah yang Diterima setiap Tenaga Kerja

Nama Komponen	Jumlah Tenaga Kerja	Total Upah Perjam
LT 101	2	Rp. 39.500,00
LIC 101	2	Rp. 39.500,00
LCV 101	2	Rp. 48.000,00
LT 102	2	Rp. 39.500,00
LIC 102	2	Rp. 39.500,00
LCV 102	2	Rp. 48.000,00
PT 151	3	Rp. 57.000,00
PIC 151	3	Rp. 61.500,00
PCV 151	3	Rp. 70.000,00
TOTAL		Rp. 442.500,00

Untuk total konsekuensi resiko tenaga kerja selama satu tahun bisa didapatkan dengan mengalikan total upah tenaga kerja perjam dengan total perkalian MTTR dengan nilai *likelihood* sesuai dengan persamaan 2.42.

Tabel 4.16 Rincian Total Konsekuensi

Nama Komponen	Total Upah Perjam	Konsekuensi Resiko Pertahun
LT 101	Rp. 39.500,00	Rp. 1.990.919,00
LIC 101	Rp. 39.500,00	Rp. 6.788.033,00
LCV 101	Rp. 48.000,00	Rp. 3.833.806,00
LT 102	Rp. 39.500,00	Rp. 5.204.110,00
LIC 102	Rp. 39.500,00	Rp. 1.737.463,00

LCV 102	Rp. 48.000,00	Rp. 6.424.263,00
PT 151	Rp. 57.000,00	Rp. 6.976.131,00
PIC 151	Rp. 61.500,00	Rp. 5.806.027,00
PCV 151	Rp. 70.000,00	Rp. 15.673.392,00
TOTAL		Rp. 54.434.147,00

Berdasarkan hasil perhitungan total konsekuensi didapatkan bahwa biaya total yang harus dikeluarkan perusahaan ketika komponen-komponen Separator V-100 mengalami kerusakan adalah Rp. 430.140.

Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa setiap komponen-komponen Separator V-100 tersebut mengalami kerusakan dan membutuhkan biaya perawatan, maka biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan masih dalam standart yang ada dan perusahaan masih bisa mendapatkan keuntungan.

4.5 Hubungan Antara Reliability dan Safety

Hubungan antara *reliability* dan *safety* yaitu jika dalam suatu komponen memiliki *reliability* yang tinggi, maka komponen tersebut mempunyai tingkat *safety* yang baik terhadap komponen yang terpasang dan terhadap tenaga kerjanya. Jika suatu komponen banyak memiliki *failure rate* maka nilai *reliability* dari suatu komponen tersebut dikatakan rendah. *Failure rate* sendiri dapat dicari dengan menggunakan data dari *time to failure*. Sedangkan *maintainability* juga mempengaruhi analisa *reliability* karena *maintainability* digunakan untuk mencari lamanya waktu keterawatan jika suatu komponen tersebut memiliki laju kegagalan besar. Untuk mengetahui berapa besar *availability* suatu komponen, membutuhkan data yang didapat dari rata-rata *time to failure* dan data rata-rata dari *time to repair*. Ketika didapat nilai *reliability* yang rendah maka diperlukan perhitungan nilai *safety* untuk mengetahui dan menjaga *safety* dari komponen tersebut. Kondisi nilai *safety* yang digunakan dalam suatu komponen menggunakan data yang didapat dari data *maintenance* tiap komponen. *Safety* yang baik

jika nilai *safety integrity level*-nya besar dan nilai PFD-nya menurun dalam komponen tersebut.

4.6 Validasi Reliability

Dalam tugas akhir ini untuk menentukan distribusi yang digunakan menggunakan data *time to failure* dari data *maintenance* perusahaan kemudian didistribusikan kedalam *reliasoft weibull* ++6. Dari *reliasoft weibull* dapat diketahui parameter yang sesuai untuk tiap komponen. Penentuan tersebut berdasarkan peringkat pertama yang muncul pada *reliasoft weibull*. Dalam tugas akhir ini peringkat kedua juga hitung untuk *reliability*-nya saja karena hanya difungsikan sebagai pembanding nilai keakuratan dari parameter yang digunakan. Hasil perhitungan untuk komponen LT 101 pada $t = 8760$ jam ketika menggunakan distribusi peringkat pertama yaitu distribusi *lognormal* didapatkan *reliability* sebesar 0,10951405 Ketika menggunakan distribusi peringkat kedua yaitu *weibull* dua parameter didapatkan *reliability* sebesar 0,065233 Untuk komponen LIC 101 pada $t = 8760$ jam ketika menggunakan distribusi peringkat pertama yaitu distribusi *lognormal* didapatkan *reliability* sebesar 0,07279413 Ketika menggunakan distribusi peringkat kedua yaitu *weibull* dua parameter didapatkan *reliability* sebesar 0,029301 Untuk komponen LCV 101 pada $t = 8760$ jam ketika menggunakan distribusi peringkat pertama yaitu distribusi *weibull* dua parameter didapatkan *reliability* sebesar 0,12035207 Ketika menggunakan distribusi peringkat kedua yaitu normal didapatkan *reliability* sebesar 0,0313 Hasil perhitungan untuk komponen LT 102 pada $t = 8760$ jam ketika menggunakan distribusi peringkat pertama yaitu distribusi *lognormal* didapatkan *reliability* sebesar 0,2125805. Ketika menggunakan distribusi peringkat kedua yaitu *weibull* dua parameter didapatkan *reliability* sebesar 0,1936. Untuk komponen LIC 102 pada $t = 8760$ jam ketika menggunakan distribusi peringkat pertama yaitu distribusi *eksponensial* didapatkan *reliability* sebesar 0,1734267 Ketika menggunakan distribusi peringkat kedua yaitu distribusi normal didapatkan *reliability* sebesar 0,0709617. Untuk komponen LCV 102 pada $t = 8760$ jam ketika menggunakan

distribusi peringkat pertama yaitu distribusi *weibull* dua parameter didapatkan *reliability* sebesar 0,0479159 Ketika menggunakan distribusi peringkat kedua yaitu distribusi *lognormal* didapatkan *reliability* sebesar 0,0914. Hasil perhitungan untuk komponen PT 151 pada $t = 8760$ jam ketika menggunakan distribusi peringkat pertama yaitu distribusi *lognormal* didapatkan *reliability* sebesar 0,16197123 Ketika menggunakan distribusi peringkat kedua yaitu distribusi *eksponensial* didapatkan *reliability* sebesar 0,173427. Untuk komponen PIC 151 pada $t = 8760$ jam ketika menggunakan distribusi peringkat pertama yaitu distribusi *weibull* dua parameter didapatkan *reliability* sebesar 0,24643633 Ketika menggunakan distribusi peringkat kedua yaitu distribusi *lognormal* didapatkan *reliability* sebesar 0,247304. Untuk komponen PCV 151 pada $t = 8760$ jam ketika menggunakan distribusi peringkat pertama yaitu distribusi *eksponensial* didapatkan *reliability* sebesar 0,07222276 Ketika menggunakan distribusi peringkat kedua yaitu distribusi normal didapatkan *reliability* sebesar 0,069475. Jadi dari kesembilan komponen tersebut setelah dilakukan perhitungan *reliability* menggunakan distribusi peringkat satu dan dua didapatkan nilai *reliability* yang hampir sama itu berarti bahwa nilai *reliability*-nya *valid*, namun alangkah lebih bagusnya mengacu pada distribusi peringkat pertama. Untuk melihat nilai *reliability* tiap komponen lebih jelasnya dapat lihat pada lampiran E karena untuk distribusi normal tidak bisa didapatkan nilai *reliability* sebesar 1.

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A

Hasil Perhitungan *Reliability*, *Maintainability*, *Failure Rate* dan *Availability*

LT 101

t (hours)	R(t)	f(t)	$\lambda(t)$	t	M(t)	A(i)	A(t)
0,001	0,999983	0,024338	0,024338	0,001	0	0,999211	0,999747
100	0,608827	0,001293	0,002123	5	0,016325	0,999211	0,991087
500	0,395344	0,000259	0,000656	8	0,477108	0,999211	0,995833
720	0,348955	0,000173	0,000496	10	0,975503	0,999211	0,996494
1440	0,267158	7,69E-05	0,000288	13	1	0,999211	0,997476
2160	0,224256	4,67E-05	0,000208	16	1	0,999211	0,997917
2880	0,196353	3,24E-05	0,000165	30	1	0,999211	0,998183
3600	0,176231	2,42E-05	0,000137	60	1	0,999211	0,998366
4320	0,160797	1,9E-05	0,000118	100	1	0,999211	0,998501
5040	0,148459	1,55E-05	0,000104	1000	1	0,999211	0,998607
5760	0,138296	1,29E-05	9,33E-05	1500	1	0,999211	0,998692
6480	0,129734	1,1E-05	8,46E-05	2000	1	0,999211	0,998764
7200	0,122392	9,48E-06	7,75E-05	2500	1	0,999211	0,998824
7920	0,116007	8,3E-06	7,16E-05	3000	1	0,999211	0,998876
8760	0,109514	7,2E-06	6,58E-05	3500	1	0,999211	0,998929
17520	0,071815	2,63E-06	3,66E-05	4000	1	0,999211	0,999229
26280	0,054925	1,42E-06	2,59E-05	4200	1	0,999211	0,999364
35040	0,044972	9,1E-07	2,02E-05	4400	1	0,999211	0,999445
43800	0,038297	6,39E-07	1,67E-05	4600	1	0,999211	0,999501
52560	0,033464	4,77E-07	1,43E-05	5000	1	0,999211	0,999543
61320	0,02978	3,71E-07	1,25E-05	5500	1	0,999211	0,999575
70080	0,026867	2,98E-07	1,11E-05	5800	1	0,999211	0,999601
78840	0,024498	2,45E-07	1E-05	6000	1	0,999211	0,999623
87600	0,02253	2,06E-07	9,13E-06	6500	1	0,999211	0,999641
96360	0,020867	1,75E-07	8,4E-06	7000	1	0,999211	0,999657
100800	0,020118	1,63E-07	8,08E-06	8000	1	0,999211	0,999664
105120	0,01944	1,55E-07	7,88E-06	8760	1	0,999211	0,999671

LIC 101

t (hours)	R(t)	$\lambda(t)$	f(t)	t	M(t)	A(i)	A(t)
0,001	1	0	0	6	0,002963	0,99837	1
100	1	1,26E-23	1,26E-23	8	0,575705	0,99837	1
500	1	1,28E-10	1,28E-10	10	0,987966	0,99837	1
720	0,999999	1,15E-08	1,15E-08	12	0,999994	0,99837	1
1440	0,999008	5,85E-06	5,85E-06	15	1	0,99837	0,999949
2160	0,980838	5,55E-05	5,45E-05	16	1	0,99837	0,999517
2880	0,910967	0,000155	0,000141	30	1	0,99837	0,998657
3600	0,783674	0,000262	0,000205	60	1	0,99837	0,997728
4320	0,627566	0,000352	0,000221	100	1	0,99837	0,996952
5040	0,474933	0,000419	0,000199	1000	1	0,99837	0,996369
5760	0,344863	0,000467	0,000161	1500	1	0,99837	0,995954
6480	0,243243	0,000501	0,000122	2000	1	0,99837	0,995666
7200	0,168201	0,000523	8,79E-05	2500	1	0,99837	0,995474
7920	0,114803	0,000537	6,17E-05	3000	1	0,99837	0,995351
8760	0,072794	0,000547	3,98E-05	3500	1	0,99837	0,995269
17520	0,000684	0,000499	3,41E-07	4000	1	0,99837	0,995679
26280	1,21E-05	0,000426	5,14E-09	4200	1	0,99837	0,996314
35040	3,76E-07	0,000369	1,39E-10	4400	1	0,99837	0,996799
43800	1,8E-08	0,000327	5,89E-12	4600	1	0,99837	0,997167
52560	1,2E-09	0,000294	3,52E-13	5000	1	0,99837	0,997452
61320	1,03E-10	0,000267	2,75E-14	5500	1	0,99837	0,997681
70080	1,09E-11	0,000246	2,68E-15	5800	1	0,99837	0,997867
78840	1,38E-12	0,000228	3,13E-16	6000	1	0,99837	0,998023
87600	2,01E-13	0,000212	4,26E-17	6500	1	0,99837	0,998156
96360	3,31E-14	0,000199	6,59E-18	7000	1	0,99837	0,998271
100800	1,39E-14	0,000193	2,67E-18	8000	1	0,99837	0,998327
105120	6,11E-15	0,000189	1,51E-18	8760	1	0,99837	0,998378

LCV 101

t (hours)	R(t)	$\lambda(t)$	t	M(t)	A(i)	A(t)
0,001	0,999517	0,253268	0,001	0	0,999162	0,999747
100	0,816562	0,001063	5	0,172236	0,999162	0,991087
500	0,6241	0,000495	8	0,730215	0,999162	0,995833
720	0,565055	0,000416	10	0,962548	0,999162	0,996494
1440	0,43992	0,000299	13	0,999937	0,999162	0,997476
2160	0,362114	0,000247	16	1	0,999162	0,997917
2880	0,306889	0,000215	30	1	0,999162	0,998183
3600	0,265015	0,000194	60	1	0,999162	0,998366
4320	0,231945	0,000177	100	1	0,999162	0,998501
5040	0,205084	0,000165	1000	1	0,999162	0,998607
5760	0,182812	0,000155	1500	1	0,999162	0,998692
6480	0,164046	0,000146	2000	1	0,999162	0,998764
7200	0,148032	0,000139	2500	1	0,999162	0,998824
7920	0,13422	0,000133	3000	1	0,999162	0,998876
8760	0,120352	0,000127	3500	1	0,999162	0,998929
17520	0,047555	9,12E-05	4000	1	0,999162	0,999229
26280	0,023103	7,52E-05	4200	1	0,999162	0,999364
35040	0,012506	6,56E-05	4400	1	0,999162	0,999445
43800	0,007258	5,9E-05	4600	1	0,999162	0,999501
52560	0,004427	5,41E-05	5000	1	0,999162	0,999543
61320	0,002804	5,03E-05	5500	1	0,999162	0,999575
70080	0,001831	4,72E-05	5800	1	0,999162	0,999601
78840	0,001225	4,46E-05	6000	1	0,999162	0,999623
87600	0,000837	4,24E-05	6500	1	0,999162	0,999641
96360	0,000582	4,06E-05	7000	1	0,999162	0,999657
100800	0,000487	3,97E-05	8000	1	0,999162	0,999664
105120	0,000411	3,92E-05	8760	1	0,999162	0,999671

LT 102

t (hours)	R(t)	f(t)	$\lambda(t)$	t	M(t)	A(i)	A(t)
0,001	1	2E-149	2E-149	7	0,070411	0,99875	1
100	1	5,51E-13	5,51E-13	8	0,416667	0,99875	1
500	0,999977	3,34E-07	3,34E-07	9	0,853573	0,99875	0,999997
720	0,999726	2,4E-06	2,4E-06	10	0,989671	0,99875	0,99998
1440	0,988586	3,54E-05	3,58E-05	12	0,999999	0,99875	0,999708
2160	0,943634	8,94E-05	9,48E-05	100	1	0,99875	0,999227
2880	0,863522	0,000129	0,00015	2880	1	0,99875	0,998778
3600	0,763126	0,000146	0,000191	3600	1	0,99875	0,99844
4320	0,657632	0,000145	0,00022	4320	1	0,99875	0,998205
5040	0,557084	0,000133	0,000239	5040	1	0,99875	0,998048
5760	0,466629	0,000118	0,000252	5760	1	0,99875	0,997947
6480	0,388105	0,000101	0,000259	6480	1	0,99875	0,997886
7200	0,321456	8,47E-05	0,000264	7200	1	0,99875	0,997852
7920	0,265694	7,05E-05	0,000265	7920	1	0,99875	0,997837
8760	0,212581	5,64E-05	0,000265	8760	1	0,99875	0,997837
17520	0,023991	5,49E-06	0,000229	17520	1	0,99875	0,998136
26280	0,003818	7,36E-07	0,000193	26280	1	0,99875	0,998428
35040	0,000796	1,33E-07	0,000167	35040	1	0,99875	0,998641
43800	0,000202	2,97E-08	0,000147	43800	1	0,99875	0,998799
52560	5,96E-05	7,88E-09	0,000132	52560	1	0,99875	0,998921
61320	1,98E-05	2,38E-09	0,00012	61320	1	0,99875	0,999019
70080	7,2E-06	7,96E-10	0,000111	70080	1	0,99875	0,999098
78840	2,84E-06	2,91E-10	0,000102	78840	1	0,99875	0,999164
87600	1,19E-06	1,14E-10	9,55E-05	87600	1	0,99875	0,999221
96360	5,31E-07	4,76E-11	8,96E-05	96360	1	0,99875	0,999269
100800	3,59E-07	3,12E-11	8,69E-05	100800	1	0,99875	0,999291
105120	2,48E-07	2,39E-11	8,53E-05	103680	1	0,99875	0,999311

LIC 102

t (hours)	R(t)	$\lambda(t)$	t	M(t)	A(i)	A(t)
0,001	1	0,0002	7	0,030527	0,999582	1
100	0,980199	0,0002	8	0,435117	0,999582	0,999582
500	0,904837	0,0002	9	0,910646	0,999582	0,999582
720	0,865888	0,0002	10	0,996468	0,999582	0,999582
1440	0,749762	0,0002	100	1	0,999582	0,999582
2160	0,649209	0,0002	2160	1	0,999582	0,999582
2880	0,562142	0,0002	2880	1	0,999582	0,999582
3600	0,486752	0,0002	3600	1	0,999582	0,999582
4320	0,421473	0,0002	4320	1	0,999582	0,999582
5040	0,364948	0,0002	5040	1	0,999582	0,999582
5760	0,316004	0,0002	5760	1	0,999582	0,999582
6480	0,273624	0,0002	6480	1	0,999582	0,999582
7200	0,236928	0,0002	7200	1	0,999582	0,999582
7920	0,205153	0,0002	7920	1	0,999582	0,999582
8760	0,173427	0,0002	8760	1	0,999582	0,999582
17520	0,030077	0,0002	17520	1	0,999582	0,999582
26280	0,005216	0,0002	26280	1	0,999582	0,999582
35040	0,000905	0,0002	35040	1	0,999582	0,999582
43800	0,000157	0,0002	43800	1	0,999582	0,999582
52560	2,72E-05	0,0002	52560	1	0,999582	0,999582
61320	4,72E-06	0,0002	61320	1	0,999582	0,999582
70080	8,18E-07	0,0002	70080	1	0,999582	0,999582
78840	1,42E-07	0,0002	78840	1	0,999582	0,999582
87600	2,46E-08	0,0002	87600	1	0,999582	0,999582
96360	4,27E-09	0,0002	96360	1	0,999582	0,999582
100800	1,76E-09	0,0002	100800	1	0,999582	0,999582
105120	7,4E-10	0,0002	103680	1	0,999582	0,999582

LCV 102

t (hours)	R(t)	$\lambda(t)$	t	M(t)	A(i)	A(t)
0,001	0,999885	0,073286	5	0,121853	0,998679	0,999927
100	0,838639	0,001121	7	0,5	0,998679	0,992216
500	0,61233	0,000625	9	0,878147	0,998679	0,995646
720	0,53864	0,000547	11	0,990138	0,998679	0,996184
1440	0,382097	0,000426	15	0,999998	0,998679	0,99703
2160	0,28778	0,000367	18	1	0,998679	0,997436
2880	0,22402	0,000331	300	1	0,998679	0,997689
3600	0,178264	0,000305	3600	1	0,998679	0,997869
4320	0,144161	0,000286	4320	1	0,998679	0,998005
5040	0,118052	0,00027	5040	1	0,998679	0,998114
5760	0,097657	0,000257	5760	1	0,998679	0,998203
6480	0,081471	0,000246	6480	1	0,998679	0,998278
7200	0,068457	0,000237	7200	1	0,998679	0,998342
7920	0,057881	0,000229	7920	1	0,998679	0,998399
8760	0,047916	0,000221	8760	1	0,998679	0,998456
17520	0,008875	0,000172	17520	1	0,998679	0,998799
26280	0,002206	0,000148	26280	1	0,998679	0,998963
35040	0,000645	0,000134	35040	1	0,998679	0,999066
43800	0,00021	0,000123	43800	1	0,998679	0,999139
52560	7,4E-05	0,000115	52560	1	0,998679	0,999194
61320	2,77E-05	0,000109	61320	1	0,998679	0,999238
70080	1,09E-05	0,000104	70080	1	0,998679	0,999274
78840	4,49E-06	9,95E-05	78840	1	0,998679	0,999304
87600	1,91E-06	9,57E-05	87600	1	0,998679	0,99933
96360	8,38E-07	9,25E-05	96360	1	0,998679	0,999353
100800	5,58E-07	9,1E-05	100800	1	0,998679	0,999364
105120	3,77E-07	9,01E-05	103680	1	0,998679	0,999373

PT 151

t (hours)	R(t)	f(t)	$\lambda(t)$	t	M(t)	A(i)	A(t)
0,001	1	5,61E-12	5,61E-12	5	0,021204	0,998821	1
100	0,933677	0,000717	0,000768	7	0,256921	0,998821	0,993359
500	0,728314	0,000369	0,000507	9	0,879407	0,998821	0,995605
720	0,657156	0,000284	0,000433	10	0,991916	0,998821	0,996249
1440	0,507507	0,000154	0,000304	100	1	0,998821	0,997362
2160	0,418038	0,000101	0,000241	2160	1	0,998821	0,997908
2880	0,35678	7,21E-05	0,000202	2880	1	0,998821	0,998244
3600	0,311604	5,47E-05	0,000176	3600	1	0,998821	0,998475
4320	0,276653	4,31E-05	0,000156	4320	1	0,998821	0,998645
5040	0,248685	3,5E-05	0,000141	5040	1	0,998821	0,998776
5760	0,225733	2,9E-05	0,000129	5760	1	0,998821	0,998881
6480	0,206522	2,45E-05	0,000119	6480	1	0,998821	0,998968
7200	0,190188	2,1E-05	0,00011	7200	1	0,998821	0,99904
7920	0,176116	1,82E-05	0,000103	7920	1	0,998821	0,999101
8760	0,161971	1,56E-05	9,63E-05	8760	1	0,998821	0,999163
17520	0,084987	4,95E-06	5,82E-05	17520	1	0,998821	0,999494
26280	0,055019	2,36E-06	4,29E-05	26280	1	0,998821	0,999627
35040	0,039358	1,35E-06	3,43E-05	35040	1	0,998821	0,999701
43800	0,02989	8,62E-07	2,89E-05	43800	1	0,998821	0,999749
52560	0,023633	5,91E-07	2,5E-05	52560	1	0,998821	0,999783
61320	0,019238	4,25E-07	2,21E-05	61320	1	0,998821	0,999808
70080	0,016013	3,18E-07	1,99E-05	70080	1	0,998821	0,999827
78840	0,013565	2,45E-07	1,81E-05	78840	1	0,998821	0,999843
87600	0,011655	1,94E-07	1,66E-05	87600	1	0,998821	0,999855
96360	0,010133	1,56E-07	1,54E-05	96360	1	0,998821	0,999866
100800	0,009477	1,4E-07	1,48E-05	100800	1	0,998821	0,999871
105120	0,008899	1,32E-07	1,45E-05	103680	1	0,998821	0,999875

PIC 151

t (hours)	R(t)	$\lambda(t)$	t	M(t)	A(i)	A(t)
0,001	1	1,29E-10	5	0,033803	0,999103	1
100	0,999737	5,05E-06	7	0,379454	0,999103	0,999955
500	0,994251	2,21E-05	10	0,944654	0,999103	0,999803
720	0,988462	3,09E-05	12	0,998018	0,999103	0,999725
1440	0,957084	5,84E-05	15	1	0,999103	0,99948
2160	0,908938	8,48E-05	20	1	0,999103	0,999245
2880	0,847218	0,00011	2880	1	0,999103	0,999017
3600	0,775399	0,000136	3600	1	0,999103	0,998794
4320	0,697057	0,00016	4320	1	0,999103	0,998575
5040	0,615659	0,000185	5040	1	0,999103	0,998358
5760	0,534365	0,000209	5760	1	0,999103	0,998145
6480	0,455873	0,000233	6480	1	0,999103	0,997933
7200	0,382322	0,000256	7200	1	0,999103	0,997724
7920	0,315253	0,00028	7920	1	0,999103	0,997516
8760	0,246436	0,000307	8760	1	0,999103	0,997276
17520	0,005021	0,00058	17520	1	0,999103	0,994864
26280	9,89E-06	0,000841	26280	1	0,999103	0,992564
35040	2,04E-09	0,001096	35040	1	0,999103	0,990337
43800	4,64E-14	0,001345	43800	1	0,999103	0,988166
52560	1,21E-19	0,00159	52560	1	0,999103	0,986039
61320	3,76E-26	0,001831	61320	1	0,999103	0,98395
70080	1,42E-33	0,00207	70080	1	0,999103	0,981894
78840	6,68E-42	0,002307	78840	1	0,999103	0,979868
87600	4E-51	0,002541	87600	1	0,999103	0,977868
96360	3,1E-61	0,002774	96360	1	0,999103	0,975892
100800	1,07E-66	0,002891	100800	1	0,999103	0,9749
105120	3,16E-72	0,002967	103680	1	0,999103	0,973939

PCV 151

t (hours)	R(t)	$\lambda(t)$	t	M(t)	A(i)	A(t)
0,001	1	0,0003	5	0,112612	0,997875	1
100	0,970446	0,0003	8	0,698381	0,997875	0,997875
500	0,860708	0,0003	10	0,953009	0,997875	0,997875
720	0,805735	0,0003	12	0,997671	0,997875	0,997875
1440	0,649209	0,0003	15	0,999997	0,997875	0,997875
2160	0,523091	0,0003	18	1	0,997875	0,997875
2880	0,421473	0,0003	200	1	0,997875	0,997875
3600	0,339596	0,0003	3600	1	0,997875	0,997875
4320	0,273624	0,0003	4320	1	0,997875	0,997875
5040	0,220469	0,0003	5040	1	0,997875	0,997875
5760	0,177639	0,0003	5760	1	0,997875	0,997875
6480	0,14313	0,0003	6480	1	0,997875	0,997875
7200	0,115325	0,0003	7200	1	0,997875	0,997875
7920	0,092922	0,0003	7920	1	0,997875	0,997875
8760	0,072223	0,0003	8760	1	0,997875	0,997875
17520	0,005216	0,0003	17520	1	0,997875	0,997875
26280	0,000377	0,0003	26280	1	0,997875	0,997875
35040	2,72E-05	0,0003	35040	1	0,997875	0,997875
43800	1,97E-06	0,0003	43800	1	0,997875	0,997875
52560	1,42E-07	0,0003	52560	1	0,997875	0,997875
61320	1,02E-08	0,0003	61320	1	0,997875	0,997875
70080	7,4E-10	0,0003	70080	1	0,997875	0,997875
78840	5,35E-11	0,0003	78840	1	0,997875	0,997875
87600	3,86E-12	0,0003	87600	1	0,997875	0,997875
96360	2,79E-13	0,0003	96360	1	0,997875	0,997875
100800	7,36E-14	0,0003	100800	1	0,997875	0,997875
105120	2,01E-14	0,0003	103680	1	0,997875	0,997875

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN B

Tabel Hasil Perhitungan Keandalan dengan *Preventive Maintenance*

LT 101

t	$\lambda(t)$	R(t), NO PM	n	t-nT	R(T) ⁿ	R(t-nT), PM	Rm(t), COMULATIF PM
0	0,024338291	1	0	0	1	1	1
10	0,009056441	0,913415498	0	10	1	0,913415498	0,913415498
20	0,006058158	0,885889398	0	20	1	0,885889398	0,885889398
30	0,004718237	0,868014293	0	30	1	0,868014293	0,868014293
40	0,003927384	0,854622571	0	40	1	0,854622571	0,854622571
50	0,003395216	0,843866643	0	50	1	0,843866643	0,843866643
60	0,003008215	0,834858622	0	60	1	0,834858622	0,834858622
70	0,002711862	0,827099454	0	70	1	0,827099454	0,827099454
80	0,002476379	0,820279337	0	80	1	0,820279337	0,820279337
90	0,002283987	0,814192172	0	90	1	0,814192172	0,814192172
100	0,002123351	0,80869364	0	100	1	0,80869364	0,80869364
110	0,001986871	0,803678609	1	0	0,803679	1	0,803678609
120	0,001869243	0,799068043	1	10	0,803679	0,981481189	0,78879582
130	0,001766643	0,794800976	1	20	0,803679	0,965284066	0,775778533
140	0,001676236	0,790829368	1	30	0,803679	0,950956382	0,764263674
150	0,001595876	0,78711467	1	40	0,803679	0,938159762	0,753979299
160	0,001523901	0,783625468	1	50	0,803679	0,926635468	0,744717467
170	0,001459005	0,780335816	1	60	0,803679	0,916181926	0,736316175
180	0,001400148	0,777224029	1	70	0,803679	0,906639509	0,728647134
190	0,001346486	0,774271796	1	80	0,803679	0,897879985	0,721607288
200	0,00129733	0,771463512	1	90	0,803679	0,889799025	0,715112791
210	0,001252109	0,768785766	1	100	0,803679	0,882310784	0,709094649
220	0,001210349	0,766226947	2	0	0,766227	1	0,766226947
230	0,00117165	0,763776935	2	10	0,766227	0,988351871	0,757301837
240	0,001135672	0,761426855	2	20	0,766227	0,977542578	0,749019465
250	0,001102124	0,759168879	2	30	0,766227	0,967476907	0,741306877
260	0,001070759	0,756996069	2	40	0,766227	0,958073922	0,734102056
270	0,001041359	0,754902245	2	50	0,766227	0,949264347	0,727351923
280	0,001013739	0,75288188	2	60	0,766227	0,940988517	0,721010759
290	0,000987734	0,750930006	2	70	0,766227	0,933194742	0,715038958
300	0,0009632	0,749042148	2	80	0,766227	0,925837999	0,709402024

LIC 101

t	$\lambda(t)$	R(t), NO PM	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT), PM	Rm(t), COMULATIF PM
0	0	1	0	0	1	1	1
80	5,4105E-26	1	0	80	1	1	1
160	4,32401E-19	1	0	160	1	1	1
240	1,14804E-15	1	0	240	1	1	1
320	1,63923E-13	1	0	320	1	1	1
400	5,35665E-12	0,999999998	0	400	1	0,999999998	0,999999998
480	7,31608E-11	0,999999965	0	480	1	0,999999965	0,999999965
560	5,65942E-10	0,999999683	0	560	1	0,999999683	0,999999683
640	2,94777E-09	0,999998113	0	640	1	0,999998113	0,999998113
720	1,15055E-08	0,999991716	0	720	1	0,999991716	0,999991716
800	3,61035E-08	0,999971118	0	800	1	0,999971118	0,999971118
880	9,56025E-08	0,999915873	0	880	1	0,999915873	0,999915873
960	2,21162E-07	0,999787707	0	960	1	0,999787707	0,999787707
1040	4,58528E-07	0,999523245	0	1040	1	0,999523245	0,999523245
1120	8,68589E-07	0,999027654	0	1120	1	0,999027654	0,999027654
1200	1,52591E-06	0,998170579	0	1200	1	0,998170579	0,998170579
1280	2,51538E-06	0,996785489	0	1280	1	0,996785489	0,996785489
1360	3,9274E-06	0,994672981	0	1360	1	0,994672981	0,994672981
1440	5,85235E-06	0,991608021	0	1440	1	0,991608021	0,991608021
1520	8,37508E-06	0,987350561	0	1520	1	0,987350561	0,987350561
1600	1,15698E-05	0,981658549	0	1600	1	0,981658549	0,981658549
1680	1,54964E-05	0,974302083	0	1680	1	0,974302083	0,974302083
1760	2,01971E-05	0,965077398	0	1760	1	0,965077398	0,965077398
1840	2,56961E-05	0,953819422	0	1840	1	0,953819422	0,953819422
1920	3,19986E-05	0,940411861	0	1920	1	0,940411861	0,940411861
2000	3,90921E-05	0,924794066	0	2000	1	0,924794066	0,924794066
2080	4,69482E-05	0,906964318	0	2080	1	0,906964318	0,906964318
2160	5,55247E-05	0,886979505	0	2160	1	0,886979505	0,886979505
2240	6,47687E-05	0,864951518	0	2240	1	0,864951518	0,864951518
2320	7,46185E-05	0,84104091	0	2320	1	0,84104091	0,84104091
2400	8,50071E-05	0,815448563	1	0	0,815449	1	0,815448563
2480	9,58637E-05	0,788406128	1	80	0,815449	0,992360238	0,80921873
2560	0,000107117	0,760166011	1	160	0,815449	0,983007379	0,801591954
2640	0,000118694	0,730991567	1	240	0,815449	0,971915251	0,792546894
2720	0,000130528	0,701148048	1	320	0,815449	0,959091337	0,782089652
2800	0,000142551	0,670894688	1	400	0,815449	0,944574759	0,77025213
2880	0,000154701	0,640478143	1	480	0,815449	0,928433321	0,757089618
2960	0,000166921	0,610127405	1	560	0,815449	0,910759866	0,742677824
3040	0,000179158	0,580050152	1	640	0,815449	0,891668188	0,727109542

LCV 101

t	$\lambda(t)$	R(t), NO PM	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT), PM	Rm(t), COMULATIF PM
0	0,253267801	1	0	0	1	1	1
15	0,002619788	0,961465281	0	15	1	0,961465281	0,961465281
30	0,001884328	0,94503828	0	30	1	0,94503828	0,94503828
45	0,00155397	0,932460331	0	45	1	0,932460331	0,932460331
60	0,001355336	0,921898506	0	60	1	0,921898506	0,921898506
75	0,001218922	0,912635111	0	75	1	0,912635111	0,912635111
90	0,00111772	0,904299366	0	90	1	0,904299366	0,904299366
105	0,001038739	0,896669771	0	105	1	0,896669771	0,896669771
120	0,000974849	0,889601345	0	120	1	0,889601345	0,889601345
135	0,000921763	0,882992992	0	135	1	0,882992992	0,882992992
150	0,000876731	0,876770859	0	150	1	0,876770859	0,876770859
165	0,000837892	0,870879027	0	165	1	0,870879027	0,870879027
180	0,00080394	0,865273938	0	180	1	0,865273938	0,865273938
195	0,000773923	0,85992087	0	195	1	0,85992087	0,85992087
210	0,000747131	0,854791609	0	210	1	0,854791609	0,854791609
225	0,000723023	0,849862858	0	225	1	0,849862858	0,849862858
240	0,000701177	0,845115108	0	240	1	0,845115108	0,845115108
255	0,000681257	0,840531831	0	255	1	0,840531831	0,840531831
270	0,000662994	0,836098876	0	270	1	0,836098876	0,836098876
285	0,00064617	0,831804014	0	285	1	0,831804014	0,831804014
300	0,000630604	0,827636592	0	300	1	0,827636592	0,827636592
315	0,000616145	0,823587262	0	315	1	0,823587262	0,823587262
330	0,000602668	0,819647764	0	330	1	0,819647764	0,819647764
345	0,000590066	0,815810763	0	345	1	0,815810763	0,815810763
360	0,000578248	0,812069701	0	360	1	0,812069701	0,812069701
375	0,000567134	0,808418696	0	375	1	0,808418696	0,808418696
390	0,000556657	0,804852438	0	390	1	0,804852438	0,804852438
405	0,000546759	0,801366122	0	405	1	0,801366122	0,801366122
420	0,000537387	0,79795538	0	420	1	0,79795538	0,79795538
435	0,000528497	0,794616226	1	0	0,794616	1	0,794616226
450	0,000520047	0,791345013	1	15	0,794616	0,992229639	0,788441771
465	0,000512003	0,788138391	1	30	0,794616	0,984757263	0,7825041
480	0,000504334	0,784993278	1	45	0,794616	0,977560583	0,776785501
495	0,000497009	0,781906829	1	60	0,794616	0,970619678	0,771270145
510	0,000490006	0,778876409	1	75	0,794616	0,963916674	0,765943829
525	0,000483299	0,775899576	1	90	0,794616	0,957435479	0,760793767
540	0,00047687	0,772974058	1	105	0,794616	0,951161558	0,755808408
555	0,000470699	0,77009774	1	120	0,794616	0,945081741	0,750977287
570	0,000464769	0,767268648	1	135	0,794616	0,939184059	0,746290892

LT 102

t	$\lambda(t)$	R(t), NO PM	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT), PM	Rm(t), COMULATIF PM
0	2E-149	1	0	0	1	1	1
200	4,28E-10	0,999999914	0	200	1	0,999999914	0,999999914
400	8,25E-08	0,999967001	0	400	1	0,999967001	0,999967001
600	9,4E-07	0,999436261	0	600	1	0,999436261	0,999436261
800	3,96E-06	0,996839224	0	800	1	0,996839224	0,996839224
1000	1,02E-05	0,989810557	0	1000	1	0,989810557	0,989810557
1200	2E-05	0,976228621	0	1200	1	0,976228621	0,976228621
1400	3,29E-05	0,954976725	0	1400	1	0,954976725	0,954976725
1600	4,8E-05	0,92611025	0	1600	1	0,92611025	0,92611025
1800	6,44E-05	0,890609282	0	1800	1	0,890609282	0,890609282
2000	8,13E-05	0,84998292	0	2000	1	0,84998292	0,84998292
2200	9,81E-05	0,805906167	1	0	0,805906	1	0,805906167
2400	0,000114	0,759965157	1	200	0,805906	0,977386059	0,787681452
2600	0,00013	0,713516286	1	400	0,805906	0,949394589	0,765122954
2800	0,000144	0,667633369	1	600	0,805906	0,917066877	0,739069851
3000	0,000158	0,623110872	1	800	0,805906	0,881490063	0,710398278
3200	0,00017	0,580496646	1	1000	0,805906	0,84369876	0,679942033
3400	0,000181	0,540136064	1	1200	0,805906	0,804617281	0,648446029
3600	0,000191	0,502216848	1	1400	0,805906	0,765032599	0,616544489
3800	0,0002	0,466809231	1	1600	0,805906	0,725588329	0,584756109
4000	0,000209	0,433899385	1	1800	0,805906	0,686791744	0,553489701
4200	0,000216	0,403415928	1	2000	0,805906	0,64902788	0,523055571
4400	0,000223	0,375250179	2	0	0,37525	1	0,375250179
4600	0,000229	0,349271197	2	200	0,37525	0,955295016	0,358474625
4800	0,000234	0,325336649	2	400	0,37525	0,91067011	0,341729122
5000	0,000239	0,303300448	2	600	0,37525	0,866612135	0,325196359
5200	0,000243	0,283017978	2	800	0,37525	0,823500175	0,309018588
5400	0,000246	0,264349513	2	1000	0,37525	0,781620644	0,293303286
5600	0,00025	0,247162346	2	1200	0,37525	0,741181858	0,278128625
5800	0,000252	0,231331989	2	1400	0,37525	0,702327461	0,263548505
6000	0,000255	0,216742726	2	1600	0,37525	0,665148386	0,249597051
6200	0,000257	0,203287725	2	1800	0,37525	0,629693261	0,236292509
6400	0,000259	0,19086886	2	2000	0,37525	0,595977292	0,223640585
6600	0,00026	0,179396339	3	0	0,179396	1	0,179396339
6800	0,000262	0,168788233	3	200	0,179396	0,949018699	0,170250481
7000	0,000263	0,158969934	3	400	0,179396	0,900245288	0,161500709
7200	0,000264	0,149873603	3	600	0,179396	0,853710119	0,15315247
7400	0,000264	0,141437613	3	800	0,179396	0,809411146	0,145205397
7600	0,000265	0,133606013	3	1000	0,179396	0,767321039	0,137654585
7800	0,000265	0,126328018	3	1200	0,179396	0,727393108	0,130491661
8000	0,000265	0,119557533	3	1400	0,179396	0,689566199	0,123705652

LIC 102

t	$\lambda(t)$	R(t), NO PM	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT), PM	Rm(t), COMULATIF PM
0	2,00E-04	1	0	0	1	1	1
80	2,00E-04	0,98412732	0	80	1	0,98412732	0,98412732
160	2,00E-04	0,968506582	0	160	1	0,968506582	0,968506582
240	2,00E-04	0,953133787	0	240	1	0,953133787	0,953133787
320	2,00E-04	0,938005	0	320	1	0,938005	0,938005
400	2,00E-04	0,923116346	0	400	1	0,923116346	0,923116346
480	2,00E-04	0,908464016	0	480	1	0,908464016	0,908464016
560	2,00E-04	0,894044258	0	560	1	0,894044258	0,894044258
640	2,00E-04	0,879853379	0	640	1	0,879853379	0,879853379
720	2,00E-04	0,865887748	0	720	1	0,865887748	0,865887748
800	2,00E-04	0,852143789	0	800	1	0,852143789	0,852143789
880	2,00E-04	0,838617983	0	880	1	0,838617983	0,838617983
960	2,00E-04	0,825306868	0	960	1	0,825306868	0,825306868
1040	2,00E-04	0,812207037	1	0	0,812207	1	0,812207037
1120	2,00E-04	0,799315134	1	80	0,812207	0,98412732	0,799315134
1200	2,00E-04	0,786627861	1	160	0,812207	0,968506582	0,786627861
1280	2,00E-04	0,774141969	1	240	0,812207	0,953133787	0,774141969
1360	2,00E-04	0,761854261	1	320	0,812207	0,938005	0,761854261
1440	2,00E-04	0,749761592	1	400	0,812207	0,923116346	0,749761592
1520	2,00E-04	0,737860866	1	480	0,812207	0,908464016	0,737860866
1600	2,00E-04	0,726149037	1	560	0,812207	0,894044258	0,726149037
1680	2,00E-04	0,714623106	1	640	0,812207	0,879853379	0,714623106
1760	2,00E-04	0,703280122	1	720	0,812207	0,865887748	0,703280122
1840	2,00E-04	0,692117182	1	800	0,812207	0,852143789	0,692117182
1920	2,00E-04	0,681131427	1	880	0,812207	0,838617983	0,681131427
2000	2,00E-04	0,670320046	1	960	0,812207	0,825306868	0,670320046
2080	2,00E-04	0,65968027	2	0	0,65968	1	0,65968027
2160	2,00E-04	0,649209377	2	80	0,65968	0,98412732	0,649209377
2240	2,00E-04	0,638904684	2	160	0,65968	0,968506582	0,638904684
2320	2,00E-04	0,628763554	2	240	0,65968	0,953133787	0,628763554
2400	2,00E-04	0,618783392	2	320	0,65968	0,938005	0,618783392
2480	2,00E-04	0,608961641	2	400	0,65968	0,923116346	0,608961641

LCV 102

t	$\lambda(t)$	R(t), NO PM	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT), PM	Rm(t), COMULATIF PM
0	0,073286	1	0	0	1	1	1
20	0,002011	0,960586442	0	20	1	0,960586442	0,960586442
40	0,001563	0,939386811	0	40	1	0,939386811	0,939386811
60	0,001349	0,922238113	0	60	1	0,922238113	0,922238113
80	0,001215	0,907347317	0	80	1	0,907347317	0,907347317
100	0,001121	0,893974115	0	100	1	0,893974115	0,893974115
120	0,001049	0,881721682	0	120	1	0,881721682	0,881721682
140	0,000992	0,870345991	0	140	1	0,870345991	0,870345991
160	0,000945	0,859683415	0	160	1	0,859683415	0,859683415
180	0,000905	0,84961746	0	180	1	0,84961746	0,84961746
200	0,000871	0,840061444	0	200	1	0,840061444	0,840061444
220	0,000842	0,830948648	0	220	1	0,830948648	0,830948648
240	0,000816	0,822226317	0	240	1	0,822226317	0,822226317
260	0,000792	0,813851815	0	260	1	0,813851815	0,813851815
280	0,000771	0,805790056	1	0	0,80579	1	0,805790056
300	0,000752	0,798011722	1	20	0,80579	0,985070435	0,793759961
320	0,000735	0,790491992	1	40	0,80579	0,971040144	0,782454492
340	0,000719	0,783209615	1	60	0,80579	0,957795054	0,771781731
360	0,000704	0,776146215	1	80	0,80579	0,945241999	0,761666603
380	0,00069	0,769285765	1	100	0,80579	0,933303894	0,752046998
400	0,000678	0,76261418	1	120	0,80579	0,921916235	0,742870935
420	0,000666	0,756118992	1	140	0,80579	0,911024484	0,73409447
440	0,000654	0,7497891	1	160	0,80579	0,900582114	0,725680112
460	0,000644	0,743614564	1	180	0,80579	0,890549099	0,717595609
480	0,000634	0,737586435	1	200	0,80579	0,880890752	0,709813009
500	0,000625	0,731696625	1	220	0,80579	0,871576803	0,702307921
520	0,000616	0,725937788	1	240	0,80579	0,862580677	0,695058932
540	0,000608	0,720303228	1	260	0,80579	0,853878906	0,688047132
560	0,0006	0,714786817	2	0	0,714787	1	0,714786817
580	0,000592	0,709382934	2	20	0,714787	0,988229824	0,706373651
600	0,000585	0,704086401	2	40	0,714787	0,976881152	0,69826177
620	0,000578	0,698892438	2	60	0,714787	0,965923954	0,690429709
640	0,000571	0,693796617	2	80	0,714787	0,955331334	0,682858243
660	0,000565	0,688794832	2	100	0,714787	0,94507911	0,675530089
680	0,000559	0,683883261	2	120	0,714787	0,935145465	0,66842965
700	0,000553	0,679058339	2	140	0,714787	0,925510643	0,661542807

PT 151

t	$\lambda(t)$	R(t), NO PM	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT), PM	Rm(t), COMULATIF PM
0	5,606E-12	1	0	0	1	1	1
20	0,000629	0,987497853	0	20	1	0,98749785	0,987497853
40	0,0007475	0,970543993	0	40	1	0,97054399	0,970543993
60	0,0007772	0,954440205	0	60	1	0,9544402	0,954440205
80	0,0007783	0,939634162	0	80	1	0,93963416	0,939634162
100	0,0007681	0,926061513	0	100	1	0,92606151	0,926061513
120	0,0007532	0,913578055	0	120	1	0,91357805	0,913578055
140	0,0007364	0,90204163	0	140	1	0,90204163	0,90204163
160	0,000719	0,891328577	0	160	1	0,89132858	0,891328577
180	0,0007018	0,881334845	0	180	1	0,88133485	0,881334845
200	0,000685	0,871973518	0	200	1	0,87197352	0,871973518
220	0,0006688	0,863171846	0	220	1	0,86317185	0,863171846
240	0,0006534	0,854868595	0	240	1	0,85486859	0,854868595
260	0,0006386	0,847011871	0	260	1	0,84701187	0,847011871
280	0,0006246	0,839557378	0	280	1	0,83955738	0,839557378
300	0,0006112	0,83246704	0	300	1	0,83246704	0,83246704
320	0,0005985	0,825707906	0	320	1	0,82570791	0,825707906
340	0,0005864	0,819251284	0	340	1	0,81925128	0,819251284
360	0,0005748	0,813072039	0	360	1	0,81307204	0,813072039
380	0,0005638	0,807148034	0	380	1	0,80714803	0,807148034
400	0,0005533	0,801459675	1	0	0,80146	1	0,801459675
420	0,0005433	0,795989534	1	20	0,80146	0,98919361	0,79279879
440	0,0005337	0,790722042	1	40	0,80146	0,97887997	0,78453282
460	0,0005245	0,785643235	1	60	0,80146	0,96902224	0,77663225
480	0,0005157	0,78074054	1	80	0,80146	0,95958722	0,769070462
500	0,0005072	0,776002599	1	100	0,80146	0,9505449	0,761823405
520	0,0004991	0,771419112	1	120	0,80146	0,94186811	0,754869307
540	0,0004913	0,766980714	1	140	0,80146	0,9335322	0,74818841
560	0,0004838	0,762678864	1	160	0,80146	0,92551475	0,741762754
580	0,0004766	0,758505748	1	180	0,80146	0,91779536	0,735575972
600	0,0004696	0,754454204	1	200	0,80146	0,91035538	0,729613124
620	0,0004629	0,750517649	1	220	0,80146	0,90317774	0,723860539
640	0,0004564	0,746690015	1	240	0,80146	0,89624682	0,718305687
660	0,0004502	0,742965701	1	260	0,80146	0,88954826	0,712937058

PIC 151

t	$\lambda(t)$	R(t), NO PM	n	t-nT	R(t)^n	R(t-nT), PM	Rm(t), COMULATIF PM
0	1,293E-10	1	0	0	1	1	1
80	4,111E-06	0,999671173	0	80	1	0,999671173	0,999671173
160	7,769E-06	0,998757677	0	160	1	0,99875768	0,998757677
240	1,127E-05	0,997297829	0	240	1	0,99729783	0,997297829
320	1,468E-05	0,995312402	0	320	1	0,9953124	0,995312402
400	1,802E-05	0,992816961	0	400	1	0,99281696	0,992816961
480	2,131E-05	0,989824702	0	480	1	0,9898247	0,989824702
560	2,455E-05	0,986347615	0	560	1	0,98634761	0,986347615
640	2,775E-05	0,982397056	0	640	1	0,98239706	0,982397056
720	3,092E-05	0,977984081	0	720	1	0,97798408	0,977984081
800	3,406E-05	0,973119639	0	800	1	0,97311964	0,973119639
880	3,718E-05	0,967814696	0	880	1	0,9678147	0,967814696
960	4,027E-05	0,962080322	0	960	1	0,96208032	0,962080322
1040	4,334E-05	0,955927735	0	1040	1	0,95592773	0,955927735
1120	4,639E-05	0,949368338	0	1120	1	0,94936834	0,949368338
1200	4,943E-05	0,942413741	0	1200	1	0,94241374	0,942413741
1280	5,244E-05	0,935075764	0	1280	1	0,93507576	0,935075764
1360	5,545E-05	0,927366446	0	1360	1	0,92736645	0,927366446
1440	5,843E-05	0,919298041	0	1440	1	0,91929804	0,919298041
1520	6,141E-05	0,910883006	0	1520	1	0,91088301	0,910883006
1600	6,437E-05	0,902133999	0	1600	1	0,902134	0,902133999
1680	6,732E-05	0,893063858	0	1680	1	0,89306386	0,893063858
1760	7,026E-05	0,883685592	0	1760	1	0,88368559	0,883685592
1840	7,319E-05	0,874012363	0	1840	1	0,87401236	0,874012363
1920	7,61E-05	0,864057467	0	1920	1	0,86405747	0,864057467
2000	7,901E-05	0,853834318	0	2000	1	0,85383432	0,853834318
2080	8,191E-05	0,843356424	0	2080	1	0,84335642	0,843356424
2160	8,479E-05	0,832637374	0	2160	1	0,83263737	0,832637374
2240	8,767E-05	0,82169081	0	2240	1	0,82169081	0,82169081
2320	9,055E-05	0,810530411	1	0	0,81053	1	0,810530411
2400	9,341E-05	0,799169874	1	80	0,81053	0,99255513	0,804496115
2480	9,626E-05	0,787622886	1	160	0,81053	0,98471569	0,798142017
2560	9,911E-05	0,775903111	1	240	0,81053	0,97649372	0,791477853
2640	0,000102	0,764024166	1	320	0,81053	0,9679015	0,784513601
2720	0,0001048	0,7519996	1	400	0,81053	0,95895164	0,777259469
2800	0,0001076	0,739842875	1	480	0,81053	0,94965699	0,769725873
2880	0,0001104	0,727567349	1	560	0,81053	0,94003064	0,761923425
2960	0,0001132	0,715186253	1	640	0,81053	0,9300859	0,753862908
3040	0,0001161	0,702712674	1	720	0,81053	0,91983627	0,745555267
3120	0,0001189	0,690159537	1	800	0,81053	0,90929541	0,737011582
3200	0,0001217	0,677539589	1	880	0,81053	0,89847715	0,728243053

PCV 151

t	$\lambda(t)$	R(t), NO PM	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT), PM	Rm(t), COMULATIF PM
0	3,00E-04	1	0	0	1	1	1
40	3,00E-04	0,988071713	0	40	1	0,98807171	0,988071713
80	3,00E-04	0,97628571	0	80	1	0,97628571	0,97628571
120	3,00E-04	0,964640293	0	120	1	0,96464029	0,964640293
160	3,00E-04	0,953133787	0	160	1	0,95313379	0,953133787
200	3,00E-04	0,941764534	0	200	1	0,94176453	0,941764534
240	3,00E-04	0,930530896	0	240	1	0,9305309	0,930530896
280	3,00E-04	0,919431256	0	280	1	0,91943126	0,919431256
320	3,00E-04	0,908464016	0	320	1	0,90846402	0,908464016
360	3,00E-04	0,897627596	0	360	1	0,8976276	0,897627596
400	3,00E-04	0,886920437	0	400	1	0,88692044	0,886920437
440	3,00E-04	0,876340995	0	440	1	0,876341	0,876340995
480	3,00E-04	0,865887748	0	480	1	0,86588775	0,865887748
520	3,00E-04	0,85555919	0	520	1	0,85555919	0,85555919
560	3,00E-04	0,845353835	0	560	1	0,84535383	0,845353835
600	3,00E-04	0,835270211	0	600	1	0,83527021	0,835270211
640	3,00E-04	0,825306868	0	640	1	0,82530687	0,825306868
680	3,00E-04	0,815462371	0	680	1	0,81546237	0,815462371
720	3,00E-04	0,805735302	1	0	0,805735	1	0,805735302
760	3,00E-04	0,79612426	1	40	0,805735	0,98807171	0,79612426
800	3,00E-04	0,786627861	1	80	0,805735	0,97628571	0,786627861
840	3,00E-04	0,777244738	1	120	0,805735	0,96464029	0,777244738
880	3,00E-04	0,76797354	1	160	0,805735	0,95313379	0,76797354
920	3,00E-04	0,758812931	1	200	0,805735	0,94176453	0,758812931
960	3,00E-04	0,749761592	1	240	0,805735	0,9305309	0,749761592
1000	3,00E-04	0,740818221	1	280	0,805735	0,91943126	0,740818221
1040	3,00E-04	0,731981528	1	320	0,805735	0,90846402	0,731981528
1080	3,00E-04	0,723250242	1	360	0,805735	0,8976276	0,723250242
1120	3,00E-04	0,714623106	1	400	0,805735	0,88692044	0,714623106
1160	3,00E-04	0,706098876	1	440	0,805735	0,876341	0,706098876
1200	3,00E-04	0,697676326	1	480	0,805735	0,86588775	0,697676326
1240	3,00E-04	0,689354243	1	520	0,805735	0,85555919	0,689354243
1280	3,00E-04	0,681131427	1	560	0,805735	0,84535383	0,681131427
1320	3,00E-04	0,673006696	1	600	0,805735	0,83527021	0,673006696
1360	3,00E-04	0,664978879	1	640	0,805735	0,82530687	0,664978879
1400	3,00E-04	0,65704682	1	680	0,805735	0,81546237	0,65704682
1440	3,00E-04	0,649209377	2	0	0,649209	1	0,649209377
1480	3,00E-04	0,641465421	2	40	0,649209	0,98807171	0,641465421
1520	3,00E-04	0,633813837	2	80	0,649209	0,97628571	0,633813837
1560	3,00E-04	0,626253524	2	120	0,649209	0,96464029	0,626253524
1600	3,00E-04	0,618783392	2	160	0,649209	0,95313379	0,618783392
1640	3,00E-04	0,611402366	2	200	0,649209	0,94176453	0,611402366

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN C

Tabel Perhitungan *Probability Failure On Demand* (PFD) dan *Risk Reduction Factor* (RRF) Dari Sistem Pengendalian *Separator V-100*

LT 101

t (hours)	$\lambda(t)$	R(t)	PFD	RRF
0,001	0,024338291	0,999983456	1,21691E-05	82175,0384
100	0,002123351	0,608826601	0,106167562	9,419072882
500	0,000655913	0,395343977	0,163978131	6,098374185
720	0,000495761	0,348955015	0,17847381	5,603062988
1440	0,000287807	0,267157752	0,207220692	4,825772894
2160	0,000208046	0,22425633	0,224689362	4,450588992
2880	0,000164825	0,196352947	0,237347452	4,2132325
3600	0,000137393	0,176231453	0,247306676	4,043562489
4320	0,000118301	0,160797478	0,255530646	3,913424934
5040	0,000104183	0,148458578	0,26254221	3,80891134
5760	9,32839E-05	0,138295537	0,268657563	3,722210495
6480	8,45935E-05	0,129733731	0,27408281	3,64853235
7200	7,74889E-05	0,122392173	0,278959915	3,584744419
7920	7,15634E-05	0,116006537	0,283390892	3,528694913
8760	6,57755E-05	0,10951405	0,288096601	3,471057965
17520	3,66388E-05	0,071815101	0,320955729	3,115694498
26280	2,59169E-05	0,054924711	0,340547965	2,936443912
35040	2,02396E-05	0,044971938	0,354598082	2,820094215
43800	1,6693E-05	0,038297315	0,365575723	2,735411398
52560	1,4254E-05	0,033463872	0,374594038	2,669556638
61320	1,24674E-05	0,029779744	0,382251821	2,616076483
70080	1,1099E-05	0,026866519	0,388908819	2,571296794
78840	1,00152E-05	0,02449814	0,394798291	2,532939031
87600	9,13425E-06	0,022530497	0,4000802	2,499498848
96360	8,40326E-06	0,020867013	0,404869071	2,469934287
100800	8,07809E-06	0,020117706	0,407135978	2,456181853
105120	7,88107E-06	0,019440336	0,41422912	2,414122888

LIC 101

t (hours)	$\lambda(t)$	R(t)	PFD	RRF
0,001	0	1	0	0
100	1,25861E-23	1	6,29305E-22	1,58905E+21
500	1,27627E-10	0,999999996	3,19067E-08	31341380,18
720	1,15055E-08	0,999999346	4,14198E-06	241430,5606
1440	5,85235E-06	0,999008275	0,004213695	237,3213954
2160	5,55247E-05	0,980838191	0,059966701	16,67592144
2880	0,000154701	0,910967459	0,222770142	4,488931918
3600	0,000261876	0,783674161	0,4713763	2,121447345
4320	0,000351635	0,627566082	0,759531128	1,316601733
5040	0,000419091	0,474933035	1,056109275	0,946871714
5760	0,000467252	0,344863314	1,345685068	0,743115922
6480	0,000500556	0,243242976	1,621800154	0,616598782
7200	0,000522883	0,168200544	1,882377833	0,531242975
7920	0,000537209	0,114802587	2,127346224	0,470069229
8760	0,000546686	0,07279413	2,394485622	0,417626229
17520	0,000499127	0,000684151	4,372350364	0,228709942
26280	0,000425504	1,20762E-05	5,591118002	0,178855105
35040	0,000369262	3,76408E-07	6,469477557	0,154571987
43800	0,000326759	1,80139E-08	7,156025995	0,139742365
52560	0,000293743	1,19692E-09	7,719565704	0,129540966
61320	0,000267368	1,0298E-10	8,197509687	0,121988267
70080	0,000245789	1,09186E-11	8,612430021	0,116111248
78840	0,000227777	1,37579E-12	8,978977305	0,111371258
87600	0,000212443	2,00506E-13	9,305022792	0,107468839
96360	0,00019924	3,30846E-14	9,599390165	0,104173284
100800	0,000192735	1,38778E-14	9,713865291	0,102945632
105120	0,000189116	6,10623E-15	9,939948138	0,100604147

LCV 101

t (hours)	$\lambda(t)$	R(t)	PFD	RRF
0,001	0,253267801	0,999517334	0,000126634	7896,779581
100	0,001063114	0,816562051	0,053155717	18,81265174
500	0,00049464	0,624099573	0,123660116	8,086681746
720	0,000415915	0,56505511	0,149729237	6,678722336
1440	0,000299154	0,439920326	0,2153907	4,642725988
2160	0,000246707	0,362114383	0,266443066	3,753147028
2880	0,000215172	0,306888894	0,309846991	3,227399422
3600	0,000193515	0,265014921	0,348326308	2,870871302
4320	0,000177448	0,231944644	0,38328759	2,609006988
5040	0,000164909	0,205084326	0,415570818	2,406328731
5760	0,000154766	0,182811969	0,445725642	2,243532582
6480	0,000146338	0,16404628	0,474135237	2,109102895
7200	0,000139189	0,148031577	0,501079473	1,995691411
7920	0,000133023	0,134220165	0,526770219	1,898360924
8760	0,000126798	0,120352074	0,555376678	1,800579751
17520	9,12019E-05	0,047555482	0,79892861	1,251676291
26280	7,52125E-05	0,023102971	0,988292384	1,011846308
35040	6,55985E-05	0,012505676	1,149286511	0,870105052
43800	5,89961E-05	0,007257557	1,292014246	0,773985274
52560	5,40979E-05	0,004426693	1,421692866	0,703386803
61320	5,02752E-05	0,002804241	1,541438031	0,64874486
70080	4,71829E-05	0,001830723	1,653288502	0,604855111
78840	4,46135E-05	0,001225034	1,758665559	0,568612943
87600	4,2434E-05	0,000836899	1,858607298	0,538037272
96360	4,05542E-05	0,000581964	1,953899586	0,511797027
100800	3,96949E-05	0,000487006	2,000623562	0,499844158
105120	3,91668E-05	0,000410964	2,05860934	0,485764822

LT 102

t (hours)	$\lambda(t)$	R(t)	PFD	RRF
0,001	1,977E-149	1	9,8835E-153	1,0118E+152
100	5,5057E-13	1	2,75283E-11	36326237132
500	3,3384E-07	0,9999772	8,3459E-05	11981,93824
720	2,4032E-06	0,999726209	0,000865139	1155,884151
1440	3,5772E-05	0,988586122	0,025756048	38,8258327
2160	9,4753E-05	0,943634226	0,102333466	9,771974264
2880	0,00014978	0,863521705	0,215679719	4,636504552
3600	0,00019131	0,763126497	0,344361642	2,903923891
4320	0,0002202	0,657631776	0,475639913	2,102430792
5040	0,00023947	0,557083763	0,603474925	1,657069678
5760	0,00025187	0,466628952	0,725373354	1,378600405
6480	0,00025943	0,388104613	0,840544705	1,189704717
7200	0,00026361	0,321456402	0,948981494	1,053761329
7920	0,00026541	0,265694274	1,051017044	0,951459356
8760	0,00026543	0,212580508	1,162588398	0,860149647
17520	0,00022873	0,023991141	2,003678104	0,499082162
26280	0,00019285	0,003817528	2,534004962	0,394632219
35040	0,00016668	0,000795502	2,920311077	0,342429273
43800	0,00014722	0,000202017	3,224098729	0,310164199
52560	0,00013221	5,95863E-05	3,474445865	0,28781568
61320	0,00012027	1,97615E-05	3,687365402	0,27119634
70080	0,00011052	7,2031E-06	3,8726094	0,258223822
78840	0,0001024	2,83826E-06	4,036556283	0,247735924
87600	9,5516E-05	1,19403E-06	4,183606154	0,239028236
96360	8,96E-05	5,31188E-07	4,316922396	0,231646508
100800	8,6905E-05	3,59043E-07	4,380023328	0,228309286
105120	8,5253E-05	2,48008E-07	4,480894744	0,223169714

LIC 102

t (hours)	$\lambda(t)$	R(t)	PFD	RRF
0,001	0,0002	0,9999998	0,0000001	10000000
100	0,0002	0,980198673	0,01	100
500	0,0002	0,904837418	0,05	20
720	0,0002	0,865887748	0,072	13,88888889
1440	0,0002	0,749761592	0,144	6,944444444
2160	0,0002	0,649209377	0,216	4,62962963
2880	0,0002	0,562142445	0,288	3,472222222
3600	0,0002	0,486752256	0,36	2,777777778
4320	0,0002	0,421472815	0,432	2,314814815
5040	0,0002	0,364948146	0,504	1,984126984
5760	0,0002	0,316004129	0,576	1,736111111
6480	0,0002	0,273624103	0,648	1,543209877
7200	0,0002	0,236927759	0,72	1,388888889
7920	0,0002	0,205152843	0,792	1,262626263
8760	0,0002	0,173426743	0,876	1,141552511
17520	0,0002	0,030076835	1,752	0,570776256
26280	0,0002	0,005216128	2,628	0,380517504
35040	0,0002	0,000904616	3,504	0,285388128
43800	0,0002	0,000156885	4,38	0,228310502
52560	0,0002	2,7208E-05	5,256	0,190258752
61320	0,0002	4,71859E-06	6,132	0,16307893
70080	0,0002	8,1833E-07	7,008	0,142694064
78840	0,0002	1,4192E-07	7,884	0,126839168
87600	0,0002	2,46128E-08	8,76	0,114155251
96360	0,0002	4,26851E-09	9,636	0,103777501
100800	0,0002	1,7564E-09	10,08	0,099206349
105120	0,0002	7,40275E-10	10,512	0,095129376

LCV 102

t (hours)	$\lambda(t)$	R(t)	PFD	RRF
0,001	0,07328619	0,99988494	3,66431E-05	27290,27082
100	0,00112078	0,838638974	0,056039229	17,84464225
500	0,00062478	0,612329919	0,156194649	6,402267999
720	0,0005473	0,538639729	0,19702767	5,075429254
1440	0,00042552	0,382096631	0,30637493	3,263974629
2160	0,00036727	0,287779836	0,396648438	2,52112426
2880	0,00033084	0,224019542	0,476408202	2,099040268
3600	0,00030509	0,17826445	0,549162935	1,820953194
4320	0,00028555	0,144160859	0,616782088	1,62131816
5040	0,00027	0,118052248	0,680409178	1,469703867
5760	0,00025722	0,097657318	0,740807267	1,349878766
6480	0,00024646	0,081470685	0,798517201	1,252321176
7200	0,00023721	0,068456934	0,853939733	1,171042828
7920	0,00022914	0,057880728	0,907382131	1,102071515
8760	0,0002209	0,047915905	0,967549114	1,033539265
17520	0,00017175	0,008874965	1,504523667	0,664662193
26280	0,00014824	0,002205937	1,947832226	0,513391239
35040	0,00013353	0,000644809	2,339510659	0,427439814
43800	0,00012314	0,000209983	2,696789294	0,370811321
52560	0,00011525	7,40166E-05	3,028848501	0,330158474
61320	0,00010898	2,77466E-05	3,341303775	0,299284371
70080	0,00010382	1,09324E-05	3,637902308	0,274883687
78840	9,9475E-05	4,48978E-06	3,921300041	0,255017466
87600	9,5741E-05	1,91009E-06	4,193464972	0,238466282
96360	9,2485E-05	8,37803E-07	4,455906003	0,224421251
100800	9,0984E-05	5,5753E-07	4,585599986	0,218073971
105120	9,0058E-05	3,7746E-07	4,733459399	0,211261979

t (hours)	$\lambda(t)$	R(t)	PFD	RRF
0,001	5,60625E-12	1	2,80312E-15	3,56745E+14
100	0,000768146	0,933677	0,038407309	26,03671111
500	0,000507199	0,728314	0,126799705	7,8864537
720	0,00043261	0,657156	0,155739685	6,420971011
1440	0,000303937	0,507507	0,21883488	4,569655445
2160	0,000240824	0,418038	0,260089722	3,844827063
2880	0,000202121	0,35678	0,291054765	3,435779523
3600	0,000175527	0,311604	0,315948665	3,165071139
4320	0,000155932	0,276653	0,336812657	2,969009567
5040	0,000140792	0,248685	0,35479709	2,818512406
5760	0,000128686	0,225733	0,370616767	2,698204962
6480	0,000118749	0,206522	0,384747329	2,599108363
7200	0,000110423	0,190188	0,39752179	2,515585372
7920	0,000103329	0,176116	0,409182669	2,443896272
8760	9,62603E-05	0,161971	0,421620283	2,371802401
17520	5,81906E-05	0,084987	0,509749485	1,961747937
26280	4,28552E-05	0,055019	0,563117174	1,77582934
35040	3,43415E-05	0,039358	0,601662508	1,662061349
43800	2,88542E-05	0,02989	0,631906933	1,582511518
52560	2,49933E-05	0,023633	0,656824363	1,522477021
61320	2,21144E-05	0,019238	0,678026539	1,474868523
70080	1,98769E-05	0,016013	0,696486908	1,435777167
78840	1,80832E-05	0,013565	0,712839186	1,402840948
87600	1,661E-05	0,011655	0,727519334	1,374533918
96360	1,53765E-05	0,010133	0,740840265	1,349818641
100800	1,48244E-05	0,009477	0,747149437	1,338420336
105120	1,44888E-05	0,008899	0,761531117	1,313143978

PIC 151

t (hours)	$\lambda(t)$	R(t)	PFD	RRF
0,001	1,29E-10	1	6,46266E-14	1,54735E+13
100	5,05E-06	0,999736993	0,000252296	3963,592242
500	2,21E-05	0,994250802	0,005530255	180,8234747
720	3,09E-05	0,988462071	0,011130943	89,83964804
1440	5,84E-05	0,957083819	0,04207245	23,76852333
2160	8,48E-05	0,908937595	0,091578529	10,91959017
2880	0,00011	0,84721806	0,159024354	6,288344999
3600	0,000136	0,775398629	0,24398668	4,098584398
4320	0,00016	0,697056758	0,346146147	2,888953145
5040	0,000185	0,615659201	0,465246943	2,149396175
5760	0,000209	0,534365169	0,601076128	1,663682774
6480	0,000233	0,455873028	0,753451608	1,327225252
7200	0,000256	0,382322246	0,922214525	1,0843464
7920	0,00028	0,315252748	1,107224141	0,903159499
8760	0,000307	0,24643633	1,343434995	0,744360541
17520	0,00058	0,005020897	5,077880752	0,196932549
26280	0,000841	9,89286E-06	11,05295394	0,090473552
35040	0,001096	2,03926E-09	19,19324197	0,052101672
43800	0,001345	4,63835E-14	29,44766178	0,033958554
52560	0,00159	1,21185E-19	41,77766862	0,023936233
61320	0,001831	3,75582E-26	56,15238761	0,017808682
70080	0,00207	1,41831E-33	72,5461182	0,013784335
78840	0,002307	6,67726E-42	90,93688278	0,010996638
87600	0,002541	3,99823E-51	111,3055083	0,008984281
96360	0,002774	3,09936E-61	133,6350083	0,007483069
100800	0,002891	1,07127E-66	145,6965839	0,006863579
105120	0,002967	3,16014E-72	155,9226081	0,006413438

PCV 151

t (hours)	$\lambda(t)$	R(t)	PFD	RRF
0,001	0,0003	1	0,00000015	6666666,667
100	0,0003	0,970446	0,015	66,66666667
500	0,0003	0,860708	0,075	13,33333333
720	0,0003	0,805735	0,108	9,259259259
1440	0,0003	0,649209	0,216	4,62962963
2160	0,0003	0,523091	0,324	3,086419753
2880	0,0003	0,421473	0,432	2,314814815
3600	0,0003	0,339596	0,54	1,851851852
4320	0,0003	0,273624	0,648	1,543209877
5040	0,0003	0,220469	0,756	1,322751323
5760	0,0003	0,177639	0,864	1,157407407
6480	0,0003	0,14313	0,972	1,028806584
7200	0,0003	0,115325	1,08	0,925925926
7920	0,0003	0,092922	1,188	0,841750842
8760	0,0003	0,072223	1,314	0,761035008
17520	0,0003	0,005216	2,628	0,380517504
26280	0,0003	0,000377	3,942	0,253678336
35040	0,0003	2,72E-05	5,256	0,190258752
43800	0,0003	1,97E-06	6,57	0,152207002
52560	0,0003	1,42E-07	7,884	0,126839168
61320	0,0003	1,02E-08	9,198	0,108719287
70080	0,0003	7,4E-10	10,512	0,095129376
78840	0,0003	5,35E-11	11,826	0,084559445
87600	0,0003	3,86E-12	13,14	0,076103501
96360	0,0003	2,79E-13	14,454	0,069185001
100800	0,0003	7,36E-14	15,12	0,066137566
105120	0,0003	2,01E-14	15,768	0,063419584

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN D

LT 101

LT 101 menggunakan distribusi *lognormal* dan *weibull* 2 parameter

t (hours)	R(t)	R(t)
0,001	0,999983	0,996089
100	0,608827	0,645846
500	0,395344	0,429519
720	0,348955	0,374866
1440	0,267158	0,271651
2160	0,224256	0,214676
2880	0,196353	0,177109
3600	0,176231	0,150075
4320	0,160797	0,129556
5040	0,148459	0,113403
5760	0,138296	0,100344
6480	0,129734	0,089568
7200	0,122392	0,080529
7920	0,116007	0,072847
8760	0,109514	0,065233
17520	0,071815	0,026628
26280	0,054925	0,013834
35040	0,044972	0,0081
43800	0,038297	0,00511
52560	0,033464	0,003394
61320	0,02978	0,002343
70080	0,026867	0,001667
78840	0,024498	0,001215
87600	0,02253	0,000904
96360	0,020867	0,000684
100800	0,020118	0,000597
105120	0,01944	0,000525

LIC 101

LIC 101 menggunakan distribusi *lognormal* dan *weibull* 2 parameter

t (hours)	R(t)	R(t)
0,001	1	1
100	1	0,999998
500	1	0,999692
720	0,999999	0,998973
1440	0,999008	0,989907
2160	0,980838	0,962024
2880	0,910967	0,90471
3600	0,783674	0,811163
4320	0,627566	0,68235
5040	0,474933	0,529408
5760	0,344863	0,372095
6480	0,243243	0,232513
7200	0,168201	0,126679
7920	0,114803	0,058974
8760	0,072794	0,019271
17520	0,000684	1,17E-17
26280	1,21E-05	2,38E-65
35040	3,76E-07	7,1E-168
43800	1,8E-08	0
52560	1,2E-09	0
61320	1,03E-10	0
70080	1,09E-11	0
78840	1,38E-12	0
87600	2,01E-13	0
96360	3,31E-14	0
100800	1,39E-14	0
105120	6,11E-15	0

LCV 101

LCV 101 menggunakan distribusi *weibull* 2 parameter dan normal

t (hours)	R(t)	R(t)
0,001	0,999517	0,817834
100	0,816562	0,809355
500	0,6241	0,773087
720	0,565055	0,751587
1440	0,43992	0,67431
2160	0,362114	0,588698
2880	0,306889	0,498623
3600	0,265015	0,408619
4320	0,231945	0,323207
5040	0,205084	0,246232
5760	0,182812	0,180347
6480	0,164046	0,126791
7200	0,148032	0,085446
7920	0,13422	0,055134
8760	0,120352	0,031261
17520	0,047555	1,81E-06
26280	0,023103	6,71E-14
35040	0,012506	0
43800	0,007258	0
52560	0,004427	0
61320	0,002804	0
70080	0,001831	0
78840	0,001225	0
87600	0,000837	0
96360	0,000582	0
100800	0,000487	0
105120	0,000411	0

LT 102

LT 102 menggunakan distribusi *lognormal* dan *weibull 2* parameter

t (hours)	R(t)	R(t)
0,001	1	1
100	1	0,999867
500	0,999977	0,996072
720	0,999726	0,991549
1440	0,988586	0,964097
2160	0,943634	0,917668
2880	0,863522	0,854255
3600	0,763126	0,777177
4320	0,657632	0,690622
5040	0,557084	0,599164
5760	0,466629	0,507297
6480	0,388105	0,419022
7200	0,321456	0,337546
7920	0,265694	0,265111
8760	0,212581	0,193634
17520	0,023991	0,000848
26280	0,003818	6,05E-08
35040	0,000796	5,83E-14
43800	0,000202	6,63E-22
52560	5,96E-05	7,97E-32
61320	1,98E-05	9,26E-44
70080	7,2E-06	9,63E-58
78840	2,84E-06	8,36E-74
87600	1,19E-06	5,71E-92
96360	5,31E-07	2,9E-112
100800	3,59E-07	2,3E-123
105120	2,48E-07	1E-134

LIC 102

LIC 102 menggunakan distribusi *ekspensial* dan normal

t (hours)	R(t)	R(t)
0,001	1	0,877025
100	0,980199	0,870811
500	0,904837	0,843798
720	0,865888	0,827459
1440	0,749762	0,766722
2160	0,649209	0,695681
2880	0,562142	0,616364
3600	0,486752	0,53183
4320	0,421473	0,44583
5040	0,364948	0,362314
5760	0,316004	0,284897
6480	0,273624	0,216394
7200	0,236928	0,158533
7920	0,205153	0,111882
8760	0,173427	0,070962
17520	0,030077	2,09E-05
26280	0,005216	8,69E-12
35040	0,000905	0
43800	0,000157	0
52560	2,72E-05	0
61320	4,72E-06	0
70080	8,18E-07	0
78840	1,42E-07	0
87600	2,46E-08	0
96360	4,27E-09	0
100800	1,76E-09	0
105120	7,4E-10	0

LCV 102

LCV 102 menggunakan distribusi *weibull* 2 parameter dan *lognormal*

t (hours)	R(t)	R(t)
0,001	0,999885	1
100	0,838639	0,839935
500	0,61233	0,562442
720	0,53864	0,487045
1440	0,382097	0,347172
2160	0,28778	0,272975
2880	0,22402	0,225588
3600	0,178264	0,192285
4320	0,144161	0,167441
5040	0,118052	0,148127
5760	0,097657	0,132651
6480	0,081471	0,119957
7200	0,068457	0,109349
7920	0,057881	0,100349
8760	0,047916	0,091432
17520	0,008875	0,045277
26280	0,002206	0,028497
35040	0,000645	0,020038
43800	0,00021	0,015041
52560	7,4E-05	0,011792
61320	2,77E-05	0,009539
70080	1,09E-05	0,007901
78840	4,49E-06	0,006667
87600	1,91E-06	0,005711
96360	8,38E-07	0,004953
100800	5,58E-07	0,004627
105120	3,77E-07	0,004341

PT 151

PT 151 menggunakan distribusi *lognormal* dan *eksponensial*

t (hours)	R(t)	R(t)
0,001	1	1
100	0,933677	0,980199
500	0,728314	0,904837
720	0,657156	0,865888
1440	0,507507	0,749762
2160	0,418038	0,649209
2880	0,35678	0,562142
3600	0,311604	0,486752
4320	0,276653	0,421473
5040	0,248685	0,364948
5760	0,225733	0,316004
6480	0,206522	0,273624
7200	0,190188	0,236928
7920	0,176116	0,205153
8760	0,161971	0,173427
17520	0,084987	0,030077
26280	0,055019	0,005216
35040	0,039358	0,000905
43800	0,02989	0,000157
52560	0,023633	2,72E-05
61320	0,019238	4,72E-06
70080	0,016013	8,18E-07
78840	0,013565	1,42E-07
87600	0,011655	2,46E-08
96360	0,010133	4,27E-09
100800	0,009477	1,76E-09
105120	0,008899	7,4E-10

PIC 151

PIC 151 menggunakan distribusi *weibull* 2 parameter dan *lognormal*

t (hours)	R(t)	R(t)
0,001	1	1
100	0,999737	1
500	0,994251	0,999973
720	0,988462	0,999701
1440	0,957084	0,98902
2160	0,908938	0,947725
2880	0,847218	0,874789
3600	0,775399	0,782824
4320	0,697057	0,684902
5040	0,615659	0,589997
5760	0,534365	0,503028
6480	0,455873	0,426058
7200	0,382322	0,359436
7920	0,315253	0,302592
8760	0,246436	0,247302
17520	0,005021	0,03402
26280	9,89E-06	0,00634
35040	2,04E-09	0,001506
43800	4,64E-14	0,000428
52560	1,21E-19	0,000139
61320	3,76E-26	5,05E-05
70080	1,42E-33	1,99E-05
78840	6,68E-42	8,45E-06
87600	4E-51	3,81E-06
96360	3,1E-61	1,8E-06
100800	1,07E-66	1,26E-06
105120	3,16E-72	8,94E-07

PCV 151

PCV 151 menggunakan distribusi *weibull* 2 parameter dan *lognormal*

t (hours)	R(t)	R(t)
0,001	1	0,862135
100	0,970446	0,85557
500	0,860708	0,827234
720	0,805735	0,810233
1440	0,649209	0,747789
2160	0,523091	0,675928
2880	0,421473	0,596825
3600	0,339596	0,513534
4320	0,273624	0,429646
5040	0,220469	0,348829
5760	0,177639	0,274357
6480	0,14313	0,208713
7200	0,115325	0,153366
7920	0,092922	0,10873
8760	0,072223	0,069475
17520	0,005216	2,57E-05
26280	0,000377	1,81E-11
35040	2,72E-05	0
43800	1,97E-06	0
52560	1,42E-07	0
61320	1,02E-08	0
70080	7,4E-10	0
78840	5,35E-11	0
87600	3,86E-12	0
96360	2,79E-13	0
100800	7,36E-14	0
105120	2,01E-14	0

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN E

Data specification LT 101, LT 102, LT 151, LCV 101, LCV 102 dan LCV 151 di Separator V-100

- LCV 101, LCV 102 dan LCV 151 Specification

GENERAL

Size : 8,00
Signal : Hart 4-20mA
S/N 719924,001
PO 026/TM/PO/I/B
Plug head/Disk/Ball 316SS
Model : Mark One
Press. Rating : 300
Air to close
Body : WCB

TRIM

Fail open
Char : %
Body : WCB
Seat : 316SS

POSITIONER

I : 420
Supply Pressure : 150 Psi
Logic 3200
3200MD-10-D6-E-04-40-0G-00
Type : 4X
198735-10
P/N : 255124.999.000
S/N : 5213034
Basic

- LT 101, LT 102 dan LT 151 Specification
Fisher Control
Serial SR 41151

Type	: 249B
Press unit	: PSIG
Assy Rating	: 740 100F/37,8C
Displacer Rating	: 1600
Displacer Size	: 3''x14''
Assy Mate	: WCB STL
Volume	: 99 ln ³
Display Weight	: 4,75 lbs
Trim	: 316SST
Displacer	: 304 SST
Torque Tube	: K-Monel

LAMPIRAN F

Table FMEA Separator V-100

No	Tag Number	Failure	Failure Mode (Cause of Failure)	Failure Effect	Severity	Probability (Occurence)	Critical Rank	Analysis or Corrective action
					S	P	C	
1	LT 101	✗fail to sensing	✗sensor broken	✗fail to control	3	2	6	Make reguarly callibration
2	LIC 101	✗fail to control	✗disturbance increase	✗over fill or no fill	1	4	4	Add cascade loop
3	LCV 101	✗Fail to close	✗actuator spring stuck	✗flow rate can't be manipulated	2	3	6	Make reguarly maintenance
		✗Valve leak	✗Cavitation	✗value of flow rate is incorrect	2	3	6	periodic check
4	LT 102	✗fail to sensing	✗sensor broken	✗fail to control	3	2	6	Make reguarly callibration
5	LIC 102	✗fail to control	✗disturbance increase	✗over fill or no fill	1	4	4	Add cascade loop
6	LCV 102	✗Fail to close	✗actuator spring stuck	✗flow rate can't be manipulated	2	3	6	Make reguarly maintenance
		✗Valve leak	✗Cavitation	✗value of flow rate is incorrect	2	3	6	periodic check
7	PT 151	✗fail to sensing	✗sensor broken	✗fail to control	3	2	6	Make reguarly callibration
8	PIC 151	✗fail to control	✗disturbance increase	✗over fill or no fill	1	4	4	Add cascade loop
9	PCV 151	✗Fail to close	✗actuator spring stuck	✗flow rate can't be manipulated	2	3	6	Make reguarly maintenance
		✗Valve leak	✗Cavitation	✗value of flow rate is incorrect	2	3	6	periodic check

Table Risk Matrix

SEVERITY	1					
	2					
	3					
	4					
		1	2	3	4	5
OCCURENCE						

CLASSIFICATION OF SEVERITY

Category I: Nagligible. Minor failure occurs with no effect on acceptable system performance

Category II: Marginal. System is degraded, with partial loss in performance.

Category III: Critical. Complete loss of system occurs; performance is unacceptable.

Category IV: Catastrophic. Significant system failure occurs that can result in injury, loss of life, or major damage.

ESTIMATION OF PROBABILITY OF OCCURENCE

Level A: Frequent. High probability of failure ($p > 0.20$)

Level B: Probable. Moderate probability of failure ($0.10 < p < 0.20$)

Level C: Occasional. Marginal probability of failure. ($0.01 < p < 0.10$)

Level D: Remote. Unlikely probability of failure ($0.001 < p < 0.01$)

Level E: Extremely unlikely. Rare event ($p < 0.001$)

LAMPIRAN G

Panduan dan prosedur operasi stasiun klarifikasi

1. Pemeriksaan pendahuluan

- a. Pemeriksaan Visual seluruh Pompa seperti, Ketegangan Van Belt, kekencangan Gland Packing, serta kebocoran.
- b. Pemeriksaan seluruh pompa beroperasi dengan pengetesan starting dan pelampung.
- c. Kutip minyak pada bagian lapis atas Continous Clarifier Tank dan lapisan minyak yang terlihat harus sedikit mungkin dan level di bawah tangki harus dibawah level kerja.
- d. Naikkan Skimmer diatas level kerja.
- e. Buka Katup pembuangan (Drain) Continous Clarifier Tank, Oil Tank, Sludge Tank, untuk membuang pasir / kotoran yang mengendap. Jika sudah tidak terlihat endapan pasir atau kotoran katup harus segera ditutup.
- f. Pemeriksaan apakah tangki air penuh dan katup memasukkan air terbuka.
- g. Bersihkan semua Sludge Separator dan Centrifuge, baik electromotor maupun badannya.
- h. Buang pasir dari Desanding Tank.
- i. Pembuangan pasir dari Buffer Tank ke Reclamed.

2. Pemanasan

- a. Katup uap untuk air panas harus di buka ½ jam sebelum proses produksi dan temperature air harus mencapai sekitar 95 0 C.
- b. Setelah pembuangan kotoran dari CC Tank, CCT harus dipanaskan antara 90 s/d 950 C' buka kran uap untuk sludge Drain Tank jika air panas telah tersedia, minyak harus dikutip dan didaur ulang.

3. Menjalankan

- a. Jika Press telah beroperasi, pastikan aliran Crude Oil keluar diatur secara continous, pastikan Oil mengalir.

- b. Monitor pembentukan minyak di CC Tank hingga level kerja dicapai.
- c. Jika Underflow telah mengalir ke Sludge Tank, buka kran uap dan naikan temperature sampai 95 0 C.
- d. Jika isi Sludge Tank telah mencapai $\frac{1}{2}$, jalankan pompa, kemudian jalankan Sludge Separator & Centrifuge (Lihat prosedur pengoperasian). Apabila Separator trip maka menghidupkannya kembali apabila kondisinya sudah dalam keadaan berhenti, jangan dipaksakan dalam kondisi berjalan karena akan menyebabkan kerusakan pada sparepart.
- e. Biarkan minyak terbentuk di CC Tank kira – kira 12 inc (30 cm) dan atur skimmer agar batas tersebut tetap dipertahankan dan di monitor.
- f. Pada saat Oil Tank mulai terisi, buka Kran By - Pass dan Kran uap, setelah 2 menit tutup Kran By – Pass dan periksa Steam Trap apakah beroperasi. Naikkan temperature hingga 80 0 C dan dipertahankan.
- g. Jalankan Pompa Vacuum dan pastikan air pendingin tersedia, kemudian jalankan Dried Oil Pump. Pompa ini harus dijalankan jika minyak sudah cukup tersedia di Oil Tank.

4. Selama Operasi

- a. Pastikan aliran Crude Oil ke CC Tank konstan.
- b. Atur pemasukan air panas pada Press agar diperoleh pengenceran yang tepat. Hal ini diperlukan jika dipergunakan system pengenceran.
- c. Monitor pembentukan minyak dengan hati – hati dan atur Skimmer agar minyak pada batas kira – kira 12 inci (30 cm).
- d. Monitor Sludge Tank agar tidak terbentuk minyak berlebihan. Target minyak yang terkandung pada Underflow harus < 10 %.
- e. Periksa secara tetap dan periksa temperature Crude Oil, CC Tank, Underflow dari CC Tank air panas serta Oil Tank.

- f. Uji Sludge dari Separator & Centrifuge yang keluar secara Visual untuk mengetahui apakah kehilangan minyak tinggi setiap $\frac{1}{2}$ jam begitu juga pada saat pengambilan sample.
- g. Periksa kevacuman pada Vacuum Dryer untuk memastikan operasi yang efisien, dengan target kevacuman < 675 mm Hg.
- h. Temperatur pada Sludge Tank harus selalu dipertahankan pada 95 ± 0 C.
- i. Pastikan Stirrer pada CCT tetap di operasikan dan temperature CCT di pertahankan 90 s/d 95 o C.
- j. Pastikan sludge yang masuk ke Buffer Tank harus melalui Brush Strainer dan Sand Cyclone.

5. Pencatatan

- a. Catat jam mulai dan berhenti setiap mesin dengan alasannya jika berhenti.
- b. Catat semua temperatur di stasiun Clarifikasi sedikitnya 1 jam sekali
- c. Catat beban (Ampere) setiap mesin yang beroperasi dan ambil tindakan yang diperlukan.

6. Penghentian Stasiun Clarifikasi harus tetap beroperasi setelah proses pada press berhenti. Urutan dan prosedur untuk penghentian sebagai berikut :

- a. Pada saat Crude Oil sudah tidak mengalir lagi kutip semua minyak yang mungkin dari CC Tank.
- b. Feed Oil Pump masih tetap beroperasi hingga seluruh minyak habis dan Oil Tank Kosong.
- c. Separator & Centrifuge masih tetap beroperasi hingga tanki sludge hampir kosong (30 cm dari dasar tanki)
- d. Buang (drain) kotoran dari Sludge Tank ke Sludge drain trunk dan tutup kran.
- e. Matikan seluruh pompa dan peralatan pendukung setelah dipastikan oil tank / Vacuum Dryer kosong dan minyak telah di pompa ke Storage Tank.
- f. Matikan seluruh katup uap (steam)

- g. Pastikan seluruh isolator listrik dalam keadaan mati.
- h. Pastikan setiap katup pengeluaran sludge telah terkunci.

7. Panduan dan pengendalian mutu

- a. Kualitas minyak : Kadar air di bawah : 0.40 %
Kotoran di bawah : 0.02 %
Ffa di bawah : 3.5 %
- b. Temperatur crude Oil Di Crude Oil Tank : ± 950 C
- c. Temperature air panas : ± 950 C
- d. Pertahankan lapisan minyak di CC Tank setebal 12 inci (30 cm) temperature 90 s/d 95 o C.
- e. Kandungan minyak di Underflow setelah CC Tank : < 10%
- f. Oil losses dari Sludge Separator & Centrifuge 0.8 % (Losses terhadap sample).

8. Tugas – Tugas Operator

- a. Tetap memelihara kebersihan mesin baik bagian luar maupun bagian dalam dan lingkungan kerja.
- b. Memastikan mesin – mesin beroperasi dengan baik dan kualitas yang tetap.
- c. Tetap mencatat setiap operasi mesin seperti jam mulai, jam berhenti dan alasan penghentian dsb.
- d. Menginformasikan kepada Assisten/Mandor yang bertugas setiap terjadi kerusakan mesin.
- e. Mencatat dan mempertahankan temperature dan segera melaporkan kepada Assisten/Mandor jika tidak berfungsi.
- f. Memastikan air panas untuk pengenceran bermutu baik dan jumlah yang cukup.
- g. Memastikan CC Tank beroperasi dengan benar, yaitu mempertahankan ketebalan lapisan minyak tidak lebih dari 12 inci (30 cm).
- h. Melaksanakan setiap prosedur operasi yang telah di gariskan pimpinan seperti prosedur menghidupkan dan menghentikan.

- i. Melakukan pembersihan Sludge Separator dan Centrifuge, Pompa serta semua peralatan di stasiun Clarifikasi.

PENGOPERASIAN SLUDGE SEPARATOR

1. Persiapan

- a. Periksa apakah Instalasi telah sesuai untuk operasi yang akan dapat diandalkan, termasuk juga Instalasi pipa.
- b. Periksa apakah peralatan control berfungsi.
- c. Cek level oli pastikan level oli paling sedikit $\frac{3}{4}$ bagian dari gelas duga.
- d. Pastikan kondisi bowl dan pairing disk sudah dicuci bersih sebelum dioperasikan dan nozzle tidak ada yang sumbat.

2. Menjalankan

- a. Putar main Switch keposisi “ On “ kemudian tekan tombol “ starting” pada panel control.
- b. Tunggu hingga kecepatan operasi dicapai(sekitar 5 menit), sampai putaran bowl (indicator 120 rpm) tercapai kemudian masukkan air panas sebelum masuk sludge kemudian buka kran umpan (Product Feed).
- c. Atur/sesuaikan kapasitas olah (throughput) yang diinginkan(perbandingan antara sludge dan balance water) dan lossis pada heavy phase $< 0.8 \%$ terhadap sample (wet basis).
- d. Jika putaran sludge separator tidak normal dan terdapat getaran maka mesin harus dihentikan dan harus diperiksa kembali kemungkinan ada kotoran pada bowl, identifikasi apabila ada bearing pecah ataupun nozzle tersumbat.

3. Menghentikan

- a. Tutup kran Umpan
- b. Cuci (Flush) Bowl dengan air panas.
- c. Jika air yang keluar cukup jernih kurangkan air pencuci hingga aliran maksimum 1000 liter/jam.

- d. Hentikan sludge sparator, beberapa saat sebelum Bowl berhenti.
- e. Hentikan pemasukan air pencuci bila air keluaran dari sludge separator sudah jernih.

PENGOPERASIAN CENTRIFUGE

1. Persiapan

- a. Periksa apakah instalasi siap untuk di operasikan
- b. Periksa apakah peralatan kontrol berfungsi
- c. Periksa nozzle pada bowl harus dibersihkan dan pastikan nozzle tidak ada yang sumbat.
- d. Pastikan tidak ada kebocoran sludge pada bushing centrifuge.
- e. Pastikan air pendingin, air panas dan umpan sludge pada centrifuge sudah tersedia temperatur sludge 90 - 950 C dan temperatur air 90 - 950 C.
- f. Sebelum Centrifuge di jalankan pastikan air pendingin remis paking pada bushing Centrifuge sudah di buka.
- g. Putar bowl secara manual untuk memastikan di dalam bowl tidak ada masalah (benda asing).

2. Menjalankan

- a. Setelah persiapan untuk pengoperasian Centrifuge sudah selesai maka centrifuge siap untuk di jalankan dengan menekan switch ke posisi ON.
- b. Tunggu kecepatan hingga tercapai ± 1500 rpm kemudian masukkan umpan air panas sampai air panas keluar dari pembuangan sludge heavy phase dan pada Centrifuge tidak terjadi getaran.
- c. Masukkan umpan sludge sesuai dengan kapasitas centrifuge C 8000 atur umpan air panas agar sludge tidak terlalu pekat dan lossis < 0.8 % wet basis.
- d. Tetap dilakukan pemeriksaan secara visual terhadap kelancaran sludge dan centrifuge apakah masih ada minyak yang terikut oleh sludge.

3. Menghentikan

- a. Hentikan umpan sludge masuk ke centrifuge setelah sludge di distributing tank habis di olah.
- b. Masukkan umpan air panas ke dalam centrifuge sampai air keluar dari centrifuge jernih.
- c. Matikan air panas untuk pencucian.
- d. Matikan centrifuge dengan menekan switch pada posisi OFF.
- e. Pastikan semua isolator dalam posisi mati.

4. Panduan Untuk Pengendalian Mutu

- a. Pastikan keluarnya minyak pada pembuangan sludge centrifuge $< 0.8 \%$ dari sample wet basis.
- b. Pastikan temperatur umpan sludge 90 - 950 C
- c. Pastikan temperature air panas 90 - 95 0 C

5. Pencatatan

- a. Waktu menghidupkan dan mematikan mesin
- b. Catat ampere (beban) centrifuge
- c. Catat kendala yang terjadi pada centrifuge.

6. Tugas- Tugas Operator

- a. Memastikan mesin beroperasi dengan benar.
- b. Memastikan mutu dan efisiensi di pertahankan dengan parameter kontrol.
- c. Memastikan feeding ke centrifuge tetap konstan
- d. Tetap melakukan pencatatan seperti waktu menghidupkan dan memastikan serta alasannya seperti pembacaan ampere dsb.
- e. Memberitahukan kepada Assisten/Mandor yang bertugas jika terjadi gangguan atau kerusakan mesin.
- f. Bila terjadi penyumbatan pada nozzle centrifuge segera centrifuge distop dan segera nozzle yang sumbat dicuci.
- g. Melaksanakan prosedur operasi yang telah di gariskan oleh pimpinan seperti prosedur menghidupkan dan menghentikan dan juga instruksi yang spesifik di berikan oleh Assisten/Mandor yang bertugas.

- h. Karyawan bagian stasiun Klarifikasi harus tetap berada di stasiun Klarifikasi pada saat jam kerja kecuali ada keperluan/tugas lain demi kelancaran proses produksi
- i. Tetap memelihara peralatan/perlengkapan kerja dan kebersihan mesin - mesin di lingkungan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. 2000. **Profil JOB Pertamina-Petrochina East Java-Tuban**, Soko : Tuban.
- [2] Apip, F. 2010. **Laporan Kerja Praktek JOB Pertamina-Petrochina East Java-Tuban**, ITS : Surabaya.
- [3] Arnljot, H., dan Marvin, R. **System Reliability Theory**. John Wiley & Sons Inc., The Norwegian Institute of Technology, 1994.
- [4] Dhillon, B.S. 2005. **Reliability, Quality, and Safety for Engineers**, CRC Pres, USA.
- [5] Ebeling, Charles E. 1997. **An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering**, The McGraw-Hill Companies : Singapore.
- [6] Globe, William M. 1998. **Control System Safety Evaluation & Reliability**. The United States of Amerika : Amerika.
- [7] Gulland, W. G. 2004. **Methods of Determining Safety Integrity Level (SIL) Requirements - Pros and Cons**. Proceedings of the Safety-Critical Systems Symposium : London.
- [8] Nurhanidar, P. 2013. **Laporan Praktek Kerja JOB Pertamina-Petrochina East Java-Tuban**, Universitas Diponegoro : Semarang.
- [9] Rahmawati, Dewi Nur. 2011. **Evaluasi Reliability dan Safety Pada Sistem Pengendalian Level Syn Gas 2ND Interstage Separator Di PT. Petrokimia Gresik**, Surabaya : Teknik Fisika FTI – ITS.
- [10] Rubiandini, R. 2001. **Peralatan Eksploitasi Migas**, Press ITB : Bandung.
- [11] Shoffan, N. Hanif. 2008. **Studi Reliability Improvement pada Paper Machine Berbasis Agree Method di PT. Tjiwi Kimia Tbk**, Surabaya :

Teknik Fisika FTI – ITS.

- [12] Syauqi, M. 2012. **Perancangan Sistem Pengendalian Level Minyak Pada Separator (PV 9900) JOB Pertamina-Petrochina East Java-Tuban Dengan Tuning Parameter Kontroler Proportional Integral Menggunakan Metode Direct Synthesis**, ITS : Surabaya.
- [13] Wisandiko, Anugrah Okta. 2011. **Analisa Kehandalan, Keamanan, dan Manajemen Resiko Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Blok 2.2 Di PLTGU PT. PJB UP Gresik Dengan Menggunakan Pendekatan Kuantitatif**, Surabaya : Teknik Fisika, FTI-ITS.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa data yang telah dilakukan pada tugas akhir ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil evaluasi *reliability* selama 8760 jam didapatkan nilai *reliability* untuk komponen LT 101 sebesar 0,10951, komponen LIC 101 sebesar 0,07279, komponen LCV 101 sebesar 0,12035, LT 102 sebesar 0,21258, komponen LIC 102 sebesar 0,17342, komponen LCV 102 sebesar 0,04791, PT 151 sebesar 0,16197, komponen PIC 151 sebesar 0,24643 dan komponen PCV 151 sebesar 0,07222. Dari kesembilan komponen tersebut dapat dilihat bahwa komponen LCV 102 yang memiliki nilai *reliability* terendah karena LCV 102 lebih sering terjadi kerusakan dibandingkan dengan komponen yang lainnya.
2. Nilai SIL komponen LT 101, LIC 101, LT 102, LIC 102, LCV 102, PT 151, PIC 151 dan PCV 151 berada pada SIL 1.
3. Berdasarkan batas acuan nilai *reliability* untuk dilakukan *preventive maintenance* sebesar 0,8 maka untuk komponen LT 101 memiliki waktu minimal *preventive maintenance* 110 jam, untuk komponen LIC 101 memiliki waktu minimal 2400 jam, untuk komponen LCV 101 memiliki waktu minimal 435 jam, untuk komponen LT 102 memiliki waktu minimal *preventive maintenance* 2200 jam, untuk komponen LIC 102 memiliki waktu minimal 1040 jam, untuk komponen LCV 102 memiliki waktu minimal 280 jam, untuk komponen PT 151 memiliki waktu minimal *preventive maintenance* 400 jam, untuk komponen PIC 151 memiliki waktu minimal 2320 jam, untuk komponen PCV 151 memiliki waktu minimal 720 jam.

4. Beban biaya rincian total konsekuensi (RTK) yang harus ditanggung JOB P-PEJ secara keseluruhan untuk *loop* sistem pengendalian level minyak, level air dan tekanan gas separator setiap tahunnya adalah sebesar Rp. 54.434.147,00.

5.2 Saran

Setelah dilakukannya tugas akhir ini, saran yang dapat disampaikan yaitu:

1. Dapat dilakukan kegiatan *Preventive Maintenance* secara berkala dengan interval waktu yang lebih dekat agar dapat menjaga keandalan masing-masing komponen.
2. Untuk penulis tugas akhir selanjutnya dapat lebih meningkatkan keamanannya dengan menaikkan nilai SIL dari setiap pengendalian yang ada di *Separator V-100*.

BIODATA PENULIS



Nama penulis Anggraini Eka Prasnandia. Lahir di Surabaya pada tanggal 17 Februari 1993. Pendidikan formal di SDN Pepelegi 1 Sidoarjo (1999-2005), SMPN 12 Surabaya (2005-2008), SMAN 15 Surabaya (2008-2011), S1 Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri - ITS Surabaya (2011-sekarang). Apabila ada pertanyaan tentang penelitian yang dilakukan penulis, maka dapat melalui aep_nandia@yahoo.com.